DER NATURKAUTSCHUKMARKT – EINE UNTERSUCHUNG DER ZYKLISCHEN STRUKTUREN MIT DER SPEKTRALANALYSE SOWIE MIT DER MAXIMUM ENTROPY METHODE

Dissertation
zur Erlangung des wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades
der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt
von
Edda Gundel
aus Hagen

Göttingen 1976

DER NATURKAUTSCHUKMARKT – EINE UNTERSUCHUNG DER ZYKLISCHEN STRUKTUREN MIT DER SPEKTRALANALYSE SOWIE MIT DER MAXIMUM ENTROPY METHODE

Dissertation
zur Erlangung des wirtschaftswissenschaftlichen Doktorgrades
der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt
von

Edda Gundel
aus Hagen

Göttingen 1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Berichterstatter: Prof. Dr. M. Kricke

Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. Hesse

Tag der mündlichen Prüfung: 06.12.1976

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Einleitung		1
A	Theorie der Spektralanalyse	4
I	Die eindimensionale Spektralanalyse	4
II	Die Kreuzspektralanalyse	13
B	Die Maximum Entropy Methode	21
I	Das Spektrum eines autoregressiven Prozesses	21
1.	Die Schätzung der Koeffizienten des autoregressiven Prozesses	21
2.	Die Schätzung der Ordnung des autoregressiven Prozesses	24
3.	Die Schätzung des Spektrums des autoregressiven Prozesses	25
II	Das Kreuzspektrum zweier autoregressiver Prozesse	26
1.	Die Schätzung des Ko- und Quadraturspektrums	26
2.	Die Festlegung der Ordnung	28
III	Die Entropie eines Gaußschen Prozesses	28
C	Naturkautschuk - die Produktionsbedingungen - ein Markt-Modell	31
I	Hevea brasiliensis	31
II	Die klimatischen Erfordernisse	31
1.	Allgemein	31
2.	Das Klima in den beiden Hauptanbaugebieten Malaya und Indonesien	32
III	Die zwei Anbau-Sektoren	33
1.	Der Estate-Sektor	34
2.	Der Smallholder-Sektor	34
IV	Ein Modell für den Naturkautschukmarkt	35
D	Das Datenmaterial und das Vorgehen bei der Auswertung	36
I	Die zur Untersuchung herangezogenen Zeitreihen	36

		Seite
II	Fragen im Zusammenhang mit der Spektralanalyse	40
1.	Zur Voraussetzung der schwachen Stationarität	40
2.	Zur Vorgehensweise bei der Auswertung der Zeitreihen	41
III	Zur Vorgehensweise bei der Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode	43
E	Die spektralanalytische Untersuchung der Zeitreihen	44
I	Das Angebot an Naturkautschuk	44
1.	Malaya	44
2.	Indonesien	52
II	Die Nachfrage nach Naturkautschuk	57
1.	Die USA	57
2.	Großbritannien	58
3.	Frankreich	59
4.	Die Niederlande	60
5.	Die Bundesrepublik Deutschland	61
6.	Zusammenfassung	62
III	Direkte Zusammenhänge zwischen dem Angebot und der Nachfrage bei Naturkautschuk - Die Angebotsschwankungen (Zusammenfassung für Malaya und Indonesien)	64
1.	Malaya	64
2.	Indonesien	70
3.	Vergleich zwischen Malaya und Indonesien	74
IV	Die Schwankungen des Weltmarktpreises für Naturkautschuk	76
F	Die Untersuchung der Zeitreihen mit der Maximum Entropy Methode - auch im Vergleich zu den Ergebnissen der spektralanalytischen Untersuchung	80
I	Das Angebot an Naturkautschuk	80
1.	Malaya	80
2.	Indonesien	87
II	Die Nachfrage nach Naturkautschuk	92
1.	Die USA	92

		Seite
2.	Großbritannien	93
3.	Frankreich	94
4.	Die Niederlande	95
5.	Die Bundesrepublik Deutschland	96
III	Direkte Zusammenhänge zwischen dem Angebot und der Nachfrage bei Naturkautschuk - Die Angebotsschwankungen (Zusammenfassung für Malaya und Indonesien)	96
1.	Malaya	96
2.	Indonesien	101
3.	Vergleich zwischen Malaya und Indonesien - in Relation zu den Ergebnissen des Kapitels E	104
IV	Die Schwankungen des Weltmarktpreises für Naturkautschuk	105
G	Vergleich der beiden Methoden	106
I	Zu den Voraussetzungen	106
II	Vergleich anhand der Ergebnisse	106
III	Fazit	107
H	Tabellen und graphische Darstellungen	108
I	Zur Erläuterung der folgenden Tabellen und graphischen Darstellungen	108
II	Tabellen zu den spektralanalytischen Untersuchungen	111
III	Graphische Darstellungen und Tabellen zu den Untersuchungen mit der Maximum Entropy Methode	138
Literaturverzeichnis		159

Einleitung

Über Kautschuk gibt es viele Abhandlungen und auch statistische ökonometrische Modelle vom Kautschukmarkt[1]. Man untersucht die verschiedenen Angebotsgrößen (Produktion, Lager) in den Hauptanbauländern, die Nachfragefaktoren und die Wechselwirkungen zwischen diesen Größen. Auch die Beziehungen zwischen dem Naturkautschukmarkt und anderen Märkten werden behandelt (auf der Angebotsseite z.B. der Reisanbau, auf der Nachfrageseite der Synthesekautschukmarkt). So kommt man zu einem Gesamtmodell für den Naturkautschukmarkt.

In dieser Untersuchung werden zunächst die zyklischen Strukturen der einzelnen Naturkautschukzeitreihen untersucht, dann die Zusammenhänge zwischen den Reihen und aus dem ganzen System von Einzelzusammenhängen werden Schlüsse über die kausalen Zusammen gezogen.

Die Spektralanalyse ist die für eine solche Untersuchung geeignete Methode. Dabei wird eine Zeitreihe als Realisation eines stationären stochastischen Prozesses aufgefaßt. Untersucht man einen solchen Prozeß im Zeitbereich, sind Erwartungswert, Varianz und Kovarianz von Interesse. Im Zeitablauf überlagern sich die verschiedenen zyklischen Schwankungen, denen die Zeitreihe unterliegt. Bei der Spektralanalyse soll nun die Bedeutung der einzelnen Zyklen ermittelt werden. Dazu untersucht die Spektralanalyse den Prozeß im Frequenzbereich, und zwar mit Hilfe der Fouriertransformierten der Kovarianzfunktion, dem Spektrum. Der Wert des Spektrums für eine bestimmte Frequenz, d.h. für eine bestimmte zyklische Schwankung, gibt im Verhältnis zu den Werten

---

1) Voss, W. [41], Kolbe, H., Timm, H.-J. [24].

des Spektrums für die anderen Zyklen die Bedeutung dieser Schwankung für die Gesamtvarianz des Prozesses an. Ist der Wert des Spektrums für eine Frequenz relativ groß, bedeutet das, daß der entsprechende Zyklus für die Zeitreihe von großer Bedeutung ist. Wenn auch das Wissen über das Spektrum gleichbedeutend ist mit dem Wissen über die Kovarianzfunktion, ist dieses Vorgehen doch von Vorteil: Man erhält beim Schätzen des Spektrums für benachbarte Frequenzen nahezu unkorrelierte Schätzungen, was beim Schätzen der Kovarianzfunktion nicht der Fall ist. So ist dann auch die Interpretation der Ergebnisse leichter.

Bei der zweidimensionalen Spektralanalyse geht es dann darum, welche Zusammenhänge zwischen zwei Zeitreihen bei den einzelnen zyklischen Schwankungen bestehen.

Bei dieser Untersuchung sind dann auch Hinweise auf ökonometrische Untersuchungen über den Kautschuk eingefügt.

Anschließend werden die Zeitreihen mit Hilfe der Maximum Entropy Methode untersucht, die man meines Wissens noch nicht für ökonomische Untersuchungen herangezogen hat. Dabei wird eine Zeitreihe als Realisation eines speziellen stationären Prozesses aufgefaßt, nämlich eines autoregressiven Prozesses. Das bedeutet: man nimmt an, daß der Wert einer Zeitreihe zu einem Zeitpunkt eine lineare Funktion der Werte der Vergangenheit ist. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden mit denen der ersten verglichen. Dann ist auch auf Fragen zu den Methoden einzugehen: Welche Voraussetzungen machen sie im Vergleich miteinander? Kann einer von beiden aufgrund der Ergebnisse der Vorzug gegeben werden?

Aus dem oben genannten ergibt sich dann folgendes Vorgehen: Zunächst werden die theoretischen Grundlagen beider Methoden aufgeführt. Dann werden die wichtigsten Charakteristika der Naturkautschukproduktion genannt. Nachdem dann auf die praktischen statistischen Fragen eingegangen worden ist, folgen die Ergebnisse der zwei Untersuchungen. Zum Abschluß werden anhand dieser Ergebnisse die Methoden verglichen.

An dieser Stelle soll auch noch gesagt werden, daß natürlich nicht alle Größen des Weltmarktes von Naturkautschuk in die Untersuchung eingehen können. Auf der Angebotsseite liegt eine Beschränkung auf die zwei Hauptanbieter Malaya und Indonesien vor, auf der Nachfrageseite auf die Nachfrager, für die das gewünschte Datenmaterial über den Gesamtuntersuchungszeitraum zur Verfügung steht.

A Spektralanalyse

I. Die eindimensionale Spektralanalyse

Definition 1. (stochastischer Prozeß):
Sei $J \neq \emptyset$ eine Indexmenge. Seien für $t \in J$ $X(t)$ reelle Zufallsvariablen, die auf einem Wahrscheinlichkeitsraum definiert sind. Man nennt die Familie $(X(t))_{t \in J}$ einen stochastischen Prozeß.

Ist $J = \mathbb{R}$, spricht man von Prozessen mit stetiger Zeit.

Definition 2. (schwach stationärer stochastischer Prozeß):
$(X(t))_{t \in \mathbb{R}}$ ist ein schwach stationärer stochastischer Prozeß (oder im weiteren Sinne stationärer Prozeß) genau dann, wenn

1.) $E(X(t))^2 < \infty \qquad \forall\ t \in \mathbb{R}$

2.) $E(X(s)) = E(X(t)) \qquad \forall\ s, t \in \mathbb{R}$

3.) $E(X(s)X(s+\tau)) = E(X(t)X(t+\tau)) \quad \forall\ s, t, \tau \in \mathbb{R}$

Seien $\mu_X := E(X(o))$

$\sigma_X^2 := \text{var}\,(X(o))$

$\gamma_{XX}(\tau) := \text{cov}\,(X(o), X(O+\tau))$

Dabei nennt man γ_{XX} die Autokovarianzfunktion von $(X(t))_{t \in \mathbb{R}}$. Ich setze weiter voraus, daß gilt:

$$\lim_{t \to o} \gamma_{XX}(t) = \gamma_{XX}(o) = \sigma_X^2 \ ^{1)}$$

Viele Bücher setzen ausdrücklich die Ergodizität des Prozesses (Mittelwert- und Kovarianzergodizität) voraus. Doch, wie Jenkins und Watts sagen: "This property

---

1) Cramer, H. [8].

is given much prominence in many books, but is actually not of great practical interest since observed time series are of finite, not infinite length."[1)]

Gegeben sei ein schwach stationärer stochastischer Prozeß $(X(t))_{t\in\mathbb{R}}$. Bei praktischen Anwendungen betrachtet man den Prozeß nur in einem beschränkten Zeitintervall [0, T] (die Stichprobe). Es sei für $u \in \mathbb{R}$

$$c_{XX}^{T}(u) = \begin{cases} \frac{1}{T}\int_{0}^{T-|u|}[X(t)-\bar{X}^{T}][X(t+|u|)-\bar{X}^{T}]dt & \text{für } 0 \leq |u| \leq T \\ 0 & \text{für } |u| > T \end{cases}$$

die Autokovarianzfunktion der Stichprobe, wobei

$$\bar{X}^{T} = \frac{1}{T}\int_{0}^{T} X(t)dt.$$

Es gilt:[2)]

$$E(c_{XX}^{T}(u)) = \begin{cases} (1 - \frac{|u|}{T})\gamma_{XX}(u) - (1 - \frac{|u|}{T})\operatorname{var}\bar{X}^{T} & \text{für } 0 \leq |u| \leq T \\ 0 & \text{für } |u| > T \end{cases}$$

$c_{XX}^{T}(u)$ ist also nur eine asymptotisch erwartungstreue Schätzfunktion für $\gamma_{XX}(u)$. Im Vorteil zur erwartungstreuen Schätzfunktion hat c_{XX}^{T} aber den kleineren quadratischen Fehler und ist nicht-negativ-definit.

Falls die Kovarianz von $c_{XX}^{T}(u)$ und $c_{XX}^{T}(v)$ $(0 \leq |u| \leq T,\ 0 \leq |v| \leq T)$ existiert, sind $c_{XX}^{T}(u)$ und $c_{XX}^{T}(v)$ korreliert.[3)]

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 179.
2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 179.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 414.

γ_{XX} und c^T_{XX} sind nicht-negativ-definite Funktionen[1]. Es gelte weiter:[2]

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\gamma_{XX}(u)|du < \infty$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |c^T_{XX}(u)|du < \infty$$

Dann lassen sich γ_{XX} und c^T_{XX} auch folgendermaßen darstellen:

$$\gamma_{XX}(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Gamma_{XX}(f) \exp(2\pi i f u)df \quad [3] \qquad u \in \mathbb{R}$$

$$c^T_{XX}(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} C^T_{XX}(f) \exp(2\pi i f u)df \quad [4] \qquad |u| \leq T$$

Γ_{XX} ist die Fouriertransformierte von γ_{XX} und heißt Spektraldichte von $(X(t))_{t\in\mathbb{R}}$; C^T_{XX} ist die Fouriertransformierte von c^T_{XX} und heißt Stichprobenspektraldichte. Umgekehrt gilt:

$$\Gamma_{XX}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \gamma_{XX}(u) \exp(-2\pi i f u)du \quad [5] \qquad f \in \mathbb{R}$$

$$C^T_{XX}(f) = \int_{-T}^{T} c^T_{XX}(u) \exp(-2\pi i f u)du \qquad f \in \mathbb{R}$$

Ist $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ (d.h. $(X(t))$ ist ein Prozeß mit diskreter Zeit), dann gilt:[6]

---

1) Granger, C.W.J.; Hatanaka, M. [13], S. 59.
2) Doob, J.L. [10], S. 522.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 217.
4) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 215.
5) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 217.
6) Jenkins, G.M.; Watts, D.B. [19], S. 215.

$$c_{XX}^{N}(f) = \sum_{k=-(N-1)}^{N-1} c_{XX}(k) \exp(-2\pi i f k) \quad |f| \leq \frac{1}{2}$$

Dabei wird, analog zum stetigen Fall, der Prozeß im Zeitraum [0, N] zu den Zeitpunkten 1, 2, ..., N betrachtet. Es ist

$$c_{XX}(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (X(t) - \bar{X}^T)(X(t+k) - \bar{X}^T) \quad \text{für } 0 \leq |k| \leq N-1$$

$$\text{wobei } \bar{X}^T = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} X(t)$$

Erläuterung zur Fourier-Transformation

Gegeben sei eine komplexwertige nicht-negativ-definite integrierbare Funktion $h(x)$ $(x \in \mathbb{R})$ und ihre Fouriertransformierte $H(f)$. Es gilt also:

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) \exp(2\pi i f x) df \qquad x \in \mathbb{R}$$

Falls $h(x)$ eine reellwertige Funktion ist, gilt

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} H(f) \cos(2\pi f x) df \qquad x \in \mathbb{R}$$

$H(f)$ gibt bezüglich $h(x)$ die Amplitude der Schwingung der Frequenz f an. $H(f)$ gibt also die Bedeutung der Frequenz f für $h(x)$ an.

Ist $h(x)$ die Kovarianzfunktion eines stationären stochastischen Prozesses $(X(t))_{t \in \mathbb{R}}$ und $H(f)$ die zugehörige Spektraldichtefunktion, die wir mit $\Gamma_{XX}(f)$ bezeichnet haben, gilt:

$$h(0) = \sigma_X^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \Gamma_{XX}(f) df$$

Bei diskreter Zeit gilt:

$$\sigma_X^2 = \sum_{-\infty}^{+\infty} \Gamma_{XX}(f) .$$

$\Gamma_{XX}(f)$ gibt also die Bedeutung der Schwingung der Frequenz für die Varianz von $(X(t))_{t\in\mathbb{R}}$ an. Entsprechend ist $C_{XX}(f)$ zu interpretieren.

Es gilt:

1.) $\Gamma_{XX}(f) = \lim_{T\to\infty} E(C_{XX}^T(f))$ [1)]

2.) Falls die Kovarianz von $C_{XX}^T(f_1)$ und $C_{XX}^T(f_2)$ $(f_1 \neq f_2)$ existiert, sind $C_{XX}^T(f_1)$ und $C_{XX}^T(f_2)$ korreliert.[2)]

3.) Falls $|f_1 + f_2|$ und $|f_1 - f_2|$ Vielfache von $\frac{1}{T}$ sind $(f_1 \neq f_2)$, dann gilt:

$$\text{cov}\,(C_{XX}^T(f_1), C_{XX}^T(f_2)) = 0$$ [2)]

$C_{XX}^T(f)$ ist also eine asymptotisch erwartungstreue Schätzfunktion für $\Gamma_{XX}(f)$.
$\text{cov}\,(C_{XX}^T(f_1), C_{XX}^T(f_2))$ $(f_1 \neq f_2)$ ist für große T eine Größe der Ordnung $\frac{1}{T^2}$.[3)] Man kann, da weiter die Schätzwerte $C_{XX}^T(f_1)^T$ und $C_{XX}^T(f_2)$ bei den unter 2.) gemachten Voraussetzungen unkorreliert sind, in guter Näherung annehmen, daß die Schätzwerte $C_{XX}^T(f_1)$ und $C_{XX}^T(f_2)$ für $|f_1 - f_2| > \frac{1}{T}$ unkorreliert sind.[3)]

Untersuchungen im Frequenzbereich haben also den Vorteil, (nahezu) unkorrelierte Schätzwerte zu liefern.

Ein Nachteil der Betrachtung im Frequenzbereich ist die Tatsache, daß $C_{XX}^T(f)$ keine konsistente Schätzfunktion ist.

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 217.
2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 250.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 415.

Erläuterung: Eine Schätzfunktion z^T für z, die vom betrachteten Zeitraum [O,T] abhängt, ist konsistent genau dann, wenn

1.) $\lim_{T\to\infty} Ez^T = z$

2.) $\lim_{T\to\infty} \text{var } z^T = 0$.

Die zweite Bedingung ist hier nicht erfüllt, denn es gilt:

$$\lim_{T\to\infty} \text{var } C_{XX}^T(f) = \Gamma_{XX}^2(f) \text{ .}^{1)}$$

Die Konsistenz der Schätzfunktion läßt sich durch die Einführung einer Filterfunktion w erreichen. Dabei heißt die Funktion w auf $\mathbb{R}$ mit folgenden Eigenschaften Filterfunktion[2]:

1.) $w(0) = 1$

2.) $w(t) \leq w(0) \qquad \forall\, t \in \mathbb{R}$

3.) $w(t) = w(-t) \qquad \forall\, t \in \mathbb{R}$

4.) $w(t) = 0 \qquad |t| > T$.

Eine vorzugebende Zahl $M < T$, für die gilt:
$w(t) = 0 \quad \forall\, t > M$, heißt maximaler Time-lag.

Sei W die Fouriertransformierte von w. W heißt Spektralfenster:

$$W(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} w(u) \exp(-2\pi i f u)\,du \qquad f \in \mathbb{R}$$

und hat folgende Eigenschaften[3]:

---

1) Grenander, U.; Rosenblatt, M. [14], S. 145.

2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 243 und Gröhn, E. [15], S. 52.

3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 245.

1.) $\int_{-\infty}^{+\infty} W(f)df = w(0) = 1$

2.) $W(f) = W(-f) \quad \forall\, f \in \mathbb{R}$

3.) Die Bandbreite von W(f) bei gegebenem Wert für M ist größer oder gleich $\frac{1}{2M}$, wobei die Bandbreite wie folgt definiert ist: Die Bandbreite eines Spektralfensters, ist die Breite des Rechteckfensters, das dieselbe Fläche und dieselbe maximale Amplitude (W(0)) hat[1]. Mit wachsendem M wird also die untere Grenze für die Bandbreite kleiner; man sagt auch, "der Spalt wird enger".

Die neue Schätzfunktion für $\Gamma_{XX}(f)$ lautet jetzt:

$$\bar{C}_{XX}^{T}(f) = \int_{-T}^{+T} w(u)c_{XX}(u)\ \exp\ (-2\pi ifu)du\ .$$

Die Formel für die praktische Anwendung (d.h. für den Prozeß mit diskreter Zeit) lautet:[2]

$$\bar{C}_{XX}^{N}(f) = \sum_{k=-(M-1)}^{M-1} w(k)c_{XX}(k)\ \exp\ (-2\pi ifk)$$

$$= c_{XX}(0) + 2\sum_{k=1}^{M-1} c_{XX}(k)w(k)\ \cos(2\pi fk)$$

$$\text{für } 0 \leq f \leq \frac{1}{2}\ .$$

Anmerkung:
Sollte die Eigenschaft, daß $\bar{C}_{XX}$ und $w(u)c_{XX}(u)$ Fouriertransformierte sind, erhalten bleiben, müßte man den doppelten Wert für $\bar{C}_{XX}$ wählen. [3]

---

1) Parzen, E. [36], S. 171.

2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 259.

3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 259.

Es gilt:

1.) $E\bar{C}^T_{XX}(f) = \Gamma_{XX}(f) + B(f)$ [1]

Dabei ist B(f) der Bias, B ist umso größer, je kleiner M ist ("je breiter der Spalt ist").

2.) $\text{var}\ \bar{C}^T_{XX}(f) \approx \frac{\Gamma^2_{XX}(f)}{T} \int_{-\infty}^{+\infty} w^2(u)du$ [2]

3.) Falls die Kovarianz von $\bar{C}^T_{XX}(f_1)$ und $\bar{C}^T_{XX}(f_2)$ $(f_1 \neq f_2)$ existiert, sind $\bar{C}^T_{XX}(f_1)$ und $\bar{C}^T_{XX}(f_2)$ korreliert.[2] Die Korrelation ist umso größer, je mehr sich die um f_1 und f_2 zentrierten Spektralfenster überlappen.

$\bar{C}^T_{XX}(f)$ erfüllt also die zweite Bedingung für konsistente Schätzfunktionen[3]. Die Korrelation zwischen $\bar{C}^T_{XX}(f_1)$ und $\bar{C}^T_{XX}(f_2)$ $(f_1 \neq f_2)$ nimmt mit stärkerem Überlappen der um f_1 und f_2 zentrierten Spektralfenster zu. Mit stärkerem Überlappen (größerer Bandbreite) wird auch die Verzerrung (der Bias) der Schätzung größer. Andererseits wird die Varianz der Schätzung mit kleiner werdendem maximalen Time-lag M (also bei größer werdendem Spalt) kleiner.

Das Ergebnis lautet also: Verwendet man zur Schätzung von $\Gamma_{XX}(f)$ eine Schätzfunktion der Art $\bar{C}_{XX}(f)$, dann wird bei gegebener Fensterfunktion W(f) mit größer werdendem maximalen Time-lag M die Varianz der Schätzung größer. (Je kleiner der Spalt ist, desto größer ist die Varianz.) Andererseits wird mit größer werdendem M die

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 246.

2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 251, 417 f.

3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 417.

Verzerrung der Schätzung kleiner. (Je kleiner der Spalt ist, desto kleiner ist die Verzerrung.)[1]

Wie ist jetzt also M zu wählen?
Über die Wahl von M bei gegebener Zeitreihe sind viele Vorschläge gemacht worden.[2] Da die Wahl von M die Gestalt des wahren Spektrums berücksichtigen sollte, wird hier - dem Vorschlag von Jenkins und Watts[3] folgend - so vorgegangen: das Spektrum wird mit wachsenden Werten für M geschätzt. Man kann M dann als groß genug ansehen, wenn sich für größere Werte für M die Schätzung nur unwesentlich ändert. Schwanken bei wachsendem M die Schätzungen stark, so sind keine eindeutigen Aussagen über das wahre Spektrum möglich. Man weiß nicht, "ob dieser Effekt auf die Instabilität der Schätzung zurückzuführen ist, oder ob tatsächlich mehr Einzelheiten des Spektrums zum Ausdruck gelangen".[4]

Liegt von einem stochastischen Prozeß eine Stichprobe mit diskreten Messungen vor, wobei Δt der Abstand zwischen 2 Messungen ist, dann ist die höchste nachweisbare Frequenz $f_N = \frac{1}{2\Delta t}$.

Für $\Delta t = 1$ also $f_N = \frac{1}{2}$. f_N heißt Nyquist-Frequenz[5].

Treten im wahren Spektrum des stochastischen Prozesses Schwankungen mit einer höheren Frequenz auf, so verfälschen sie die Schätzung, man nennt das Aliasing.[6] Die kleinste nachweisbare Frequenz ist $f = \frac{1}{2M}$.

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 251.
2) Z.B. Granger, C.W.J.; Hatanaka, M. [13], S. 61.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 280 ff.
4) König, H.; Wolters, J. [23], S. 76.
5) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 53.
6) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 52 f, 285.

Ermittelt werden die Schätzwerte für $\bar{C}_{XX}(f)$ für die Frequenzen $f_j = \frac{j}{2M}$ $(j = 0, \ldots, M)$[1]. Die zugehörigen Periodenlängen sind $T_j = \frac{2M}{j}$.

Von den vielen entwickelten Filter- bzw. Fensterfunktionen, wird im Rahmen dieser Arbeit, die von Parzen vorgeschlagene benutzt:

$$w^P(t) := \begin{cases} 1 - 6(\frac{t}{M})^2 + 6(\frac{|t|}{M})^3 & \text{für } |t| \leq \frac{M}{2} \\ 2(1 - \frac{|t|}{M})^3 & \text{für } \frac{M}{2} < |t| \leq M \\ 0 & \text{für } |t| > M \end{cases}$$

Die zugehörige Spektralfensterfunktion ist:

$$W^P(f) = \frac{3}{4} M \left(\frac{\sin \pi f \frac{M}{2}}{\pi f \frac{M}{2}}\right)^4 \qquad f \in \mathbb{R}$$

Gegenüber den von Tukey-Hann[2] vorgeschlagenen Filtern hat das Parzen-Filter die größere Verzerrung der Schätzung und die kleinere Varianz. Ein Vorteil ist, daß man bei Anwendung des Parzen-Filters für das Spektrum nur positive Schätzwerte erhält; auch die Kohärenzschätzung[3] liegt im Bereich [0, 1].

II. Die Kreuzspektralanalyse

Seien $(X(t))_{t\in R}$ und $(Y(t))_{t\in R}$ zwei schwach stationäre stochastische Prozesse. Weiter seien beide Prozesse stationär korreliert, d.h. es gelte

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 260.

2) Siehe z.B. Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 244.

3) Vgl. Kapitel A II, S. 18f.

$$\operatorname{cov}(X(s), Y(s+\tau)) = \operatorname{cov}(X(t), Y(t+\tau)) \quad \forall s,t,\tau \in \mathbb{R}$$

Seien

$$\mu_X := E(X(o))$$

$$\mu_Y := E(Y(o))$$

$$\sigma_X^2 := \operatorname{var}(X(o))$$

$$\sigma_Y^2 := \operatorname{var}(Y(o))$$

$$\gamma_{XY}(\tau) := \operatorname{cov}(X(o), Y(\tau))$$

Dabei nennt man γ_{YY} die Kreuzkovarianzfunktion der Prozesse. Weiter gelte:[1)]

$$\lim_{t \to O} \gamma_{XX}(t) = \gamma_{XX}(O) = \sigma_X^2$$

$$\lim_{t \to O} \gamma_{YY}(t) = \gamma_{YY}(O) = \sigma_Y^2$$

Bei praktischen Fragen werden die Prozesse nur in einem beschränkten Zeitintervall $[O, T]$ betrachtet.

$\bar{X}^T$ und $\bar{Y}^T$ seien entsprechend Abschnitt A I definiert. Es sei für $u \in \mathbb{R}$

$$c_{XY}^T(u) = \begin{cases} \frac{1}{T} \int_O^{T-|u|} (X(t) - \bar{X}^T)(Y(t+|u|) - \bar{Y}^T)\,dt & \text{für } |u| \leq T \\ O & \text{sonst} \end{cases}$$

die Kreuzkovarianzfunktion der Stichprobe.

Es gilt:[2)]

$$E(c_{XY}^T(u)) = \begin{cases} (1 - \frac{|u|}{T})\gamma_{XY}(u) + \frac{1}{T} \int_{-T}^{T} (1 - \frac{|u|}{T})\gamma_{XY}(u)\,du & \\ \qquad \text{für } O \leq |u| \leq T & \\ O \qquad \text{für } |u| > T & \end{cases}$$

---

1) Cramer, H. [8].

2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 337.

$c^T_{XY}(u)$ ist also eine asymptotisch erwartungstreue Schätzfunktion für $\gamma_{XY}(u)$. Falls die Kovarianz von $c^T_{XY}(u)$ und $c^T_{XY}(v)$ ($0 \leq |u| \leq T$, $0 \leq |v| \leq T$) existiert, sind $c^T_{XY}(u)$ und $c^T_{XY}(v)$ korreliert.[1)]

γ_{XY} und c^T_{XY} sind nicht-negativ-definite Funktionen. Es gelte weiter:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\gamma_{XY}(u)|du < \infty$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |c^T_{XY}(u)|du < \infty \quad .$$

Dann lassen sich γ_{YY} und c^T_{YY} auch folgendermaßen darstellen:

$$\gamma_{XY}(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Gamma_{XY}(f) \exp(2\pi i f u)df \quad [2)] \qquad u \in \mathbb{R}$$

$$c^T_{XY}(u) = \int_{-\infty}^{+\infty} C^T_{XY}(f) \exp(2\pi i f u)df \quad [3)] \qquad |u| \leq T$$

Γ_{XY} heißt Kreuzspektrum von $(X(t))_{t\in R}$ und $(Y(t))_{t\in R}$; C^T_{XY} heißt Stichprobenkreuzspektrum.

Umgekehrt gilt:

$$\Gamma_{XY}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \gamma_{XY}(u) \exp(-2\pi i f u)du \quad [4)] \qquad f \in \mathbb{R}$$

$$C^T_{XY}(f) = \int_{-T}^{T} c^T_{XY}(u) \exp(-2\pi i f u)du \quad [5)] \qquad f \in \mathbb{R}$$

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 337.
2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 412.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 344.
4) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 346.
5) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 345.

Es gilt:

1.) $\Gamma_{XY}(f) = \lim_{T\to\infty} E(C_{XY}^{T}(f))$ [1]

2.) Für Frequenzdifferenzen $||f_1| - |f_2||$, die größer als $\frac{1}{T}$ sind, sind $C_{XY}^{T}(f_1)$ und $C_{XY}^{T}(f_2)$ nahezu unkorreliert[2].

3.) $C_{XY}^{T}(f)$ ist keine konsistente Schätzfunktion für $\Gamma_{XY}(f)$ [3].

Um eine Schätzfunktion für Γ_{XY} zu erhalten, die die zweite Bedingung für konsistente Schätzfunktionen erfüllt[4], wird - wie im eindimensionalen Fall - eine Filterfunktion w bzw. ein Spektralfenster W eingeführt. Man erhält so die Schätzfunktion

$$\bar{C}_{XY}^{T}(f) = \int_{-T}^{T} w(u)c_{XY}(u)\exp(-2\pi i f u)du$$

wobei gilt:[5]

$$E\bar{C}_{XY}^{T}(f) \approx \int_{+\infty}^{-\infty} W(g)\Gamma_{XY}(f-g)dg =: \bar{\Gamma}_{XY}(f)$$

$\gamma_{XY}(u)$ ist keine gerade Funktion, deshalb ist das Kreuzspektrum $\Gamma_{XY}(f)$ komplexwertig und man kann $\Gamma_{XY}(f)$ in Realteil ($\Lambda_{XY}(f)$) und Imaginärteil ($-\psi_{XY}(f)$) aufspalten:

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 346.
2) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 373, S. 415.
3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 370 ff.
4) Vgl. Kapitel A I., S. 9f.
5) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 375.

$$\Gamma_{XY}(f) = \Lambda_{XY}(f) - i\,\psi_{XY}(f) \ .$$

Entsprechend:

$$\bar{\Gamma}_{XY}(f) = \bar{\Lambda}_{XY}(f) - i\,\bar{\psi}_{XY}(f) \ .$$

Λ_{XY} heißt Kospektrum und beschreibt die Beziehung zwischen den in Phase liegenden Komponenten der beiden Prozesse. $\psi_{XY}(f)$ heißt Quadraturspektrum und gibt Auskunft über die um 90° phasenverschobenen Komponenten.

Es gilt:

$$\gamma_{XY}(0) = 2 \int_{0}^{\infty} \Lambda_{XY}(f)df \ .$$

$2\Lambda_{XY}(f)df$ gibt also den Betrag zur gemeinsamen Kovarianz der beiden zeitlich nicht verschobenen Prozesse im Frequenzbereich f bis f + df an.

$\psi_{XY}(f)$ kann man nicht auf solche Weise interpretieren. Zur Erklärung des Zusammenhangs zwischen $(X(t))_{t\in\mathbb{R}}$ und $(Y(t))_{t\in\mathbb{R}}$ werden deshalb folgende Größen herangezogen:

1.) $$H_{XY}(f) := \sqrt{[\Lambda_{XY}(f)]^2 + [\psi_{XY}(f)]^2}$$

H_{XY} heißt Kreuzamplitudenspektrum und beschreibt den Zusammenhang zwischen der Amplitude eines Prozesses für eine bestimmte Frequenz mit derjenigen Amplitude des anderen Prozesses für die gleiche Frequenz.

2.) $$G_{XY}(f) := \frac{H_{XY}(f)}{\Gamma_{XY}(f)}$$

G_{XY} heißt Gain und wird vor allem zur Charakterisierung von Filterfunktionen verwendet. Der Gain gibt an, wie die Amplitude des einen Prozesses für

ein bestimmtes Frequenzband aus der zugehörigen Amplitude des anderen Prozesses zu errechnen ist.

3.) $\rho(f) := \arctan \frac{-\psi_{XY}(f)}{\Lambda_{XY}(f)}$

ρ ist die Phasenverschiebung zwischen entsprechenden Frequenzen beider Prozesse. Falls zwischen den Prozessen ein Feed-back besteht, ist ρ nicht sinnvoll zu interpretieren.[1)]
Außerdem kann ρ nicht a priori eindeutig als Lead oder Lag einer Zeitreihe in Bezug auf die andere interpretiert werden.[2)]
Die zu der Frequenz f_j gehörige zeitliche Verschiebung τ_j erhält man dann so:

$$\tau_j = \frac{\rho(f_j)}{2\pi f_j} \quad .$$

4.) $K^2_{XY}(f) := \frac{|H_{XY}(f)|^2}{\Gamma_{XX}(f)\Gamma_{YY}(f)}$

$K^2_{XY}(f)$ heißt Kohärenz und ist eine Maßgröße für den stochastischen Zusammenhang zwischen den Prozessen bei der jeweiligen Frequenz. Es gilt:

$$0 \leq K^2_{XY}(f) \leq 1 \quad .$$

Je größer K^2_{XY} ist, desto stärker ist der Zusammenhang.

Auch die Schätzfunktion $\bar{C}^T_{XY}$ kann in Real- und Imaginärteil aufgespalten werden:

$$\bar{C}^T_{XY}(f) = \bar{L}^T_{XY}(f) - i\,\bar{Q}^T_{XY}(f) \quad .$$

Es gilt[3)]

---

1) Granger, C.W.J.; Hatanaka, M. [13], S. 109 ff.

2) König, H., Wolters, J. [22], S. 119.

3) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 375.

$$E(\bar{L}^T_{XY}(f)) \approx \bar{\Lambda}_{XY}(f)$$

$$E(\bar{Q}_{XY}(f)) \approx \bar{\Psi}_{XY}(f) \ .$$

Als Schätzfunktionen für H_{XY}, G_{XY}, ρ_{XY} und K^2_{XY} erhält man dann

$$\hat{H}_{XY}(f) := \sqrt{[\bar{L}^T_{XY}(f)]^2 + [\bar{Q}^T_{XY}(f)]^2}$$

$$\hat{G}_{XY}(f) := \frac{\hat{H}_{XY}(f)}{\bar{C}^T_{XY}(f)}$$

$$\hat{\varphi}_{XY}(f) := \arctan \frac{-\bar{Q}^T_{XY}(f)}{\bar{L}^T_{XY}(f)}$$

$$\hat{K}^2_{XY}(f) := \frac{[\hat{H}_{XY}(f)]^2}{\bar{C}^T_{XX}(f)\bar{C}^T_{YY}(f)}$$

Im Unterschied zur Autokovarianzfunktion, hat die Kreuzkovarianzfunktion $\gamma_{XY}(u)$ ihr Maximum nicht an der Stelle u = O. Das hat - neben der auch bei der eindimensionalen Spektralanalyse auftretenden Verzerrung - eine weitere Verzerrung zur Folge, denn das Filter w(u) hat sein Maximum bei u = O; die größten Werte der Kreuzkovarianzfunktion werden u.U. also nicht genügend bei der Schätzung berücksichtigt. Die Schätzung von Ko- und Quadraturspektrum ist dadurch verzerrt. Das bewirkt eine Verzerrung der Schätzung für K^2_{XY} und G_{XY}; weniger Auswirkungen hat das auf die Schätzung für ρ_{XY}. Allgemein jedoch sind die Schätzungen für $\varphi_{XY}(f)$ und $G_{XY}(f)$ nur bei großen Werten für $K^2_{XY}(f)$ aussagekräftig, [1] deshalb und aus den schon weiter oben genannten Gründen, wird hier auf eine Interpretation der Schätzung für $\varphi_{XY}(f)$ (und damit des Time-lags) verzichtet.

---

[1] Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 379.

Bei praktischen Anwendungen liegen diskrete Daten vor. Man erhält dann folgende Schätzfunktionen (es liegen Beobachtungen über den Zeitraum [O, N] zu den Zeitpunkten 1, 2, ..., N vor):[1),2)]

$$\bar{L}_{XY}(f) = l_{XY}(o) + 2 \sum_{k=1}^{M-1} l_{XY}(k)w(k) \cos 2\pi kf$$

$$\bar{Q}_{XY}(f) = 2 \sum_{k=1}^{M-1} q_{XY}(k)w(k) \sin 2\pi kf$$

wobei

$$l_{XY}(k) = \frac{1}{2}(c_{XY}(k) + c_{XY}(-k)) \qquad O \leq k \leq M - 1$$

$$q_{XY}(k) = \frac{1}{2}(c_{XY}(k) - c_{XY}(-k)) \qquad O \leq k \leq M - 1$$

mit

$$c_{XY}(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (X(t) - \bar{X}^N)(Y(t+k) - \bar{Y}^N)$$

$$c_{XY}(-k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (X(t+k) - \bar{X}^N)(Y(t) - \bar{Y}^N)$$

Ermittelt werden $\bar{L}_{XY}$ und $\bar{Q}_{XY}$ für die Frequenzen $f_j = \frac{j}{2M}$, $j = O, 1, \ldots, M$.

---

1) Jenkins, G.M.; Watts, D.G. [19], S. 382 f.

2) Vgl. Anmerkung, S. 10.

B Die Maximum Entropy Methode - die Spektralanalyse eines autoregressiven Prozesses[1)]

I Das Spektrum eines autoregressiven Prozesses

1. Die Schätzung der Koeffizienten des autoregressiven Prozesses

Gegeben sei ein diskreter autoregressiver Prozeß $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ p-ter Ordnung ($p \in \mathbb{N}$):

$$X(t) = \sum_{i=1}^{p} \alpha_i X(t-i) + Y(t) ,$$

α_i heißen die Koeffizienten des Prozesses, und es gilt weiter

$$\alpha_i \in \mathbb{R} \qquad i = 1, \ldots, p$$

$$EX(t) = 0 \qquad \forall\, t \in \mathbb{Z}$$

$$E(X(t))^2 < \infty \qquad \forall\, t \in \mathbb{Z}$$

$(Y(t))_{t \in \mathbb{Z}}$ ist ein Prozeß mit

$$EY(t) = 0 \qquad \forall\, t \in \mathbb{Z}$$

$$E(Y(t)Y(t+k)) = \begin{cases} \sigma_Y^2 & \text{für } k = 0,\ \forall\, t \in \mathbb{Z} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$E(X(t)Y(k)) = 0 \qquad \text{für } t \neq k,\ \forall\, t \in \mathbb{Z},\ \forall\, k \in \mathbb{Z}$$

---

1) An dieser Stelle möchte ich noch einmal darauf hinweisen, daß die Maximum Entropy Methode die Spektralanalyse eines autoregressiven Prozesses bedeutet. Ist im folgenden nur von einer Spektralanalyse die Rede, ist der im Abschnitt A aufgeführte allgemeinere Fall gemeint.

Weiter sei der Prozeß strikt stationär.[1]

Der Prozeß werde zu den Zeitpunkten t = 1, 2, ..., N beobachtet. Aufgrund dieser Realisation sollen dann die unbekannten Koeffizienten α_i (i = 1, ..., p) geschätzt werden. Dabei wird die Ordnung p des Prozesses als bekannt vorausgesetzt. Zur Schätzung der Koeffizienten möchte ich zwei Verfahren angeben:

a) Die Yule-Walker-Schätzung

Seien t, t + k $\in$ {1, 2, ..., N}, sei k $\neq$ t, $1 \leq k \leq p$, k $\in \mathbb{N}$, dann gilt

$$X(t)X(k) = \sum_{i=1}^{p} \alpha_i X(t-i)X(k) + X(k)Y(t)$$

$$\text{cov}\,(X(t), X(k)) = \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \,\text{cov}\,(X(t-i),X(k)) \,.$$

Läßt man in der letzten Gleichung k alle Werte von 1 bis p annehmen, erhält man ein System von p Gleichungen, die Yule-Walker-Gleichungen.[2]

Nun geht man bei der Yule-Walker-Schätzung so vor: cov (X(t), X(t+k)) wird - wie in Abschnitt A - geschätzt durch

$$c_{XX}(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} X(t)X(t+k) \qquad \text{für } 0 \leq k \leq N$$

---

1) Ein Prozeß $(X(t))_{t\in\mathbb{R}}$ ist strikt stationär (oder im engeren Sinne stationär) genau dann, wenn die gemeinsame Verteilungsfunktion von X_{t_1+h}, X_{t_2+h}, ..., X_{t_n+h} unabhängig von h ist, wobei $t_1, t_2, \ldots, t_n \in \mathbb{R}$ und $t_1+h, t_2+h, \ldots, t_n+h \in \mathbb{R}$.
Die Bedingungen für die strikte Stationarität eines autoregressiven Prozesses siehe Box, G.E.P.; Jenkins, G.M. [5], S. 54.

2) Einige Autoren nennen das System der Gleichungen

$$\frac{\text{cov}(X(t),X(k))}{\text{var } X(t)} = \frac{\sum_{i=1}^{p} \alpha_i \,\text{cov}(X(t-i),X(k))}{\text{var } X(t)} \,, \text{ wobei}$$

k = 1, 2, ..., p, die Yule-Walker-Gleichungen.

Die Schätzfunktionen $\hat{\alpha}_i^{yw}$ für die α_i $(i = 1, \ldots, p)$ ermittelt man aus den p Gleichungen

$$c_{XX}(k) = \sum_{i=1}^{p} \hat{\alpha}_i^{yw} c_{XX}(k-i) \qquad k = 1, 2, \ldots, p$$

nach einem Algorithmus von Levinson.[1)]

Burg schlägt ein anderes Verfahren vor:[2)]

b) Das Verfahren nach Burg[3)]
Hier will man die Koeffizienten so schätzen, daß keine Annahmen über den Prozeß außerhalb des Beobachtungszeitraumes in die Schätzung eingehen. Dies ist ein Vorteil gegenüber der Yule-Walker-Schätzung. Weiter wird hier das Spektrum optimal geglättet.[4)]

Geht man davon aus, daß die Ordnung des Prozesses bekannt ist, wird α_i durch $\hat{\alpha}_{ip}$ geschätzt $(i=1,\ldots,p)$. Und zwar wird zunächst α_1 durch $\hat{\alpha}_{11}$ so geschätzt,[5)] daß die Funktion

$$M(\hat{\alpha}_{11}) = \frac{1}{2(N-1)} \sum_{t=1}^{N-1} [(X(t) - \hat{\alpha}_{11}(X(t+1))^2 + (X(t+1) - \hat{\alpha}_{11}X(t))^2]$$

ein Minimum annimmt.
Allgemein wird α_m durch $\hat{\alpha}_{mm}$ $(m = 1, \ldots, p)$ so geschätzt, daß die Funktion

$$M(\hat{\alpha}_{mm}) = \frac{1}{2(N-m)} \sum_{t=1}^{N-m} [(X(t) - \sum_{k=1}^{m} \hat{\alpha}_{mk}X(t+k))^2 + (X(t+m) - \sum_{k=1}^{m} \hat{\alpha}_{mk}X(t+m-k))^2]$$

---

1) Levinson, H. [27].
2) Dies ist schon die Weiterentwicklung eines Verfahrens.
3) Burg, J.P. [6], [7].
4) Ulrych, T.J., Bishop, T.N. [40].
5) Andersen, N. [3].

ein Minimum annimmt, wobei

$$\hat{\alpha}_{mk} = \hat{\alpha}_{m-1,k} - \hat{\alpha}_{mm}\hat{\alpha}_{m-1,m-k} \quad .$$

Man erhält dann

$$\hat{\alpha}_{mm} = \frac{2 \sum_{t=1}^{N-m} b_{mt} b'_{mt}}{\sum_{t=1}^{N-m} (b_{mt}^2 + b'^2_{mt})}$$

wobei $b_{1t} = X(t)$

$b'_{1t} = X(t+1)$ für $t = 1, \ldots, N$

$b_{mt} = b_{m-1,t} - \hat{\alpha}_{m-1,m-1} b_{m-1,t}$

$b'_{mt} = b'_{m-1,t+1} - \hat{\alpha}_{m-1,m-1} b_{m-1,t+1}$.

So erhält man also die Schätzungen $\hat{\alpha}_{ip}$ für α_i ($i = 1, \ldots, p$). Die Kovarianzen können geschätzt werden durch

$$c_{XX}(0) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N} X(t)^2$$

$$c_{XX}(m) = \sum_{i=1}^{k} \hat{\alpha}_{im} c_{XX}(m-i) \quad \text{für } m = 1, \ldots, p \, .$$

Diese Schätzfunktionen $c_{XX}(m)$ für $\gamma_{XX}(m)$ $(m=1,\ldots,p)$ können also jeweils bei der m-ten Iteration bei der Ermittlung von $\hat{\alpha}_{mm}$ errechnet werden.

2. Die Schätzung der Ordnung des autoregressiven Prozesses

Kennt man die Ordnung eines vorliegenden autoregressiven Prozesses nicht, muß man sich auf Grund der Realisation für einen Wert entscheiden. Dazu hat H. Akaike[1)]

---

1) Akaike, H. [1], [2].

den Final-Prediction-Error (FPE) definiert:

$$FPE(p) := E[X(t) - \tilde{X}(t)^p]^2$$

wobei $\tilde{X}(t)^p := \sum_{i=1}^{p} \hat{\alpha}_i X(t-i)$.

$\hat{\alpha}_i$ (i = 1, ..., p) sind die Schätzfunktionen für die α_i. FPE nimmt bei dem richtigen Wert von p seinen kleinsten Wert an. FPE wird geschätzt durch

$$\hat{FPE}(p) = \frac{N+(p+1)}{N-(p+1)} \sum_{t=p+1}^{N} (X(t) - \tilde{X}(t)^p)^2$$

Für alternative p ($1 \leq p \leq N$) werden die Koeffizienten α_i (i = 1, ..., p) geschätzt und dann $\hat{FPE}(p)$ ermittelt. Für die weiteren Untersuchungen sollte die Ordnung mit dem kleinsten Wert von FPE zugrundegelegt werden.

3. Die Schätzung des Spektrums des autoregressiven Prozesses

Die Spektraldichte Γ_{XX}^{AR} des oben genannten autoregressiven Prozesses $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ lautet[1)]

$$\Gamma_{XX}^{AR}(f) = \frac{2\sigma_Y^2}{[1 - \sum_{i=1}^{p} \alpha_i \exp(-2\pi i f)]} \quad \text{für } 0 \leq f \leq \frac{1}{2} .$$

$\Gamma_{XX}^{AR}(f)$ wird geschätzt durch

---

1) Box, G.E.P., Jenkins, G.M. [5], S. 56.

$$C_{XX}^{AR}(f) = \frac{2 \sum_{t=p+1}^{N} (X(t)-\tilde{X}(t)^p)}{[1 - \sum_{i=1}^{p} \hat{\alpha}_i \exp(-2\pi i f)]} \qquad \text{für } 0 \leq f \leq \frac{1}{2} .$$

C_{XX}^{AR} hat dabei folgende Eigenschaften:[1)]

1.) C_{XX}^{AR} ist eine asymptotisch unverzerrte Schätzfunktion für Γ_{XX}^{AR}.

2.) C_{XX}^{AR} ist asymptotisch normalverteilt.

3.) $\operatorname{var} C_{XX}^{AR}(f) = \frac{2p}{N}\Gamma_{XX}^{2}(f)$, wobei p die Ordnung des Prozesses ist.

Die Varianz erfüllt also die wünschenswerte Eigenschaft, mit länger werdender Zeitreihe kleiner zu werden.

II Das Kreuzspektrum zweier autoregressiver Prozesse[2)]

1. Die Schätzung des Ko- und Quadraturspektrums

Gegeben seien 2 autoregressive Prozesse $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ und $(Y(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ durch

$$X(t) = \sum_{i=1}^{p_X} \alpha_i X(t-i) + U_X$$

$$Y(t) = \sum_{i=1}^{p_Y} \beta_i Y(t-i) + U_Y .$$

Sie erfüllen die für den autoregressiven Prozeß in Abschnitt B I gemachten Annahmen. Ihre Spektraldichten seien Γ_{XX}^{AR} und Γ_{YY}^{AR}.

---

1) Ulrych, T.J.; Bishop, T.N. [40].

2) Ulrych, T.J.; Jensen, O. [41].

Die Prozesse seien stationär korreliert. Ihr Kreuzspektrum sei gegeben durch

$$\Gamma_{XY}^{AR}(f) = \Lambda_{XY}^{AR}(f) - i\psi_{XY}^{AR}(f) \quad \text{für} \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} .$$

Jetzt betrachte man die Prozesse (A(t)) und (B(t)) gegeben durch

$$A(t) = X(t) + iY(t) = \sum_{i=1}^{p_A} \gamma_i A(t-i) + U_A \quad ^{1)}$$

$$B(t) = X(t) + Y(t) = \sum_{i=1}^{p_B} \delta_i B(t-i) + U_B .$$

Für die zugehörigen Spektraldichten Γ_{AA}^{AR} und Γ_{BB}^{AR} gilt

$$\Gamma_{AA}^{AR}(f) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N}[\Gamma_{XX}^{AR}(f) + \Gamma_{YY}^{AR}(f) + 2\psi_{XY}^{AR}(f)]$$

$$\Gamma_{BB}^{AR}(f) = \lim_{N\to\infty} \frac{1}{N}[\Gamma_{XX}^{AR}(f) + \Gamma_{YY}^{AR}(f) + 2\Lambda_{XY}^{AR}(f)] .$$

Deshalb geht man zur Schätzung des Kreuzspektrums von $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ und $(Y(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ so vor:

Zunächst ermittelt man für eine Ordnung p [2] - wie im vorigen Kapitel - Schätzwerte für α_i, β_i, γ_i und δ_i (i = 1, ..., p) und schätzt die Spektren durch C_{XX}^{AR}, C_{YY}^{AR}, C_{AA}^{AR}, C_{BB}^{AR}.

Das Kospektrum $\Lambda_{XY}^{AR}(f)$ wird dann geschätzt durch

$$L_{XY}^{AR}(f) = \frac{1}{N}[C_{BB}^{AR}(f) - C_{XX}^{AR}(f) - \frac{C_{YY}^{AR}(f)}{2}] \quad \text{für} \quad 0 \leq f \leq \frac{1}{2} .$$

Das Quadraturspektrum $\psi_{XY}^{AR}(f)$ schätzt

---

1) Dabei ist γ_i (i = 1, ..., p_A) nicht notwendig reell.

2) Für welche Ordnung man sich entscheidet, sage ich im folgenden.

$$Q_{XY}^{AR}(f) = \frac{1}{N}[C_{AA}^{AR}(f) - C_{XX}^{AR}(f) - \frac{C_{YY}^{AR}(f)}{2}] \quad \text{für } 0 \leq f \leq \frac{1}{2} .$$

Zur Schätzung der Kohärenz ist noch über die nach Abschnitt A ermittelten Werte für die einzelnen Spektren der Prozesse und des Kreuzspektrums über einen Frequenzbereich zu integrieren.[1)]

2. Die Festlegung der Ordnung

Nun wird p in der Regel unbekannt sein. Es erscheint sinnvoll, den Wert p^* für p den weiteren Untersuchungen zugrundezulegen, für den das Produkt der Final Prediction Error Schätzung für beide Prozesse $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ und $(Y(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ den kleinsten Wert annimmt. Das heißt, ist $FPE_X(p)$ der Schätzwert des Final Prediction Error für $(X(t))_{t\in\mathbb{Z}}$ wenn die Ordnung p angenommen wird und $FPE_Y(p)$ der entsprechende Wert für den Prozeß $(Y(t))_{t\in\mathbb{Z}}$, so gilt $FPE_X(p^*)FPE_Y(p^*) \leq FPE_X(p)FPE_Y(p)$
$\forall\ p = 1, 2, \ldots, \tilde{p}$, wobei $\tilde{p}$ möglichst groß gewählt werden sollte.

III. Die Entropie eines Gaußschen Prozesses

Bisher wurde gesagt, daß man bei der Maximum Entropy Methode eine Zeitreihe als Realisation eines autoregressiven Prozesses auffaßt. Um den Namen Maximum Entropy Methode einleuchtend zu machen, soll nun kurz eine

---

1) Lacoss, R.T. [25].

zweite Interpretation der Vorgehensweise bei dieser Methode erwähnen.[1)]

Ist ein stationärer stochastischer Prozeß mit diskreter Zeit $(X(t))_{t\in\mathbb{N}}$ gegeben und gilt

$$W(X(t) = x_i) = p_i \text{ für } i = 1, \ldots, M, \quad \forall\, t \in \mathbb{N}$$

dann ist die Entropie dieses Prozesses definiert durch

$$H := \sum_{i=1}^{M} p_i \ln \frac{1}{p_i} .$$

(ln ist der Logarithmus zur Basis 2) H ist ein "Maß für die Unsicherheit des Systems".

Die Entropie eines Gaußschen Prozesses mit diskreter Zeit, der an den Zeitpunkten 1, 2, ..., N+1 beobachtet wird, ist

$$H = \frac{1}{2} \ln \det G(N) ,$$

wobei

$$G(N) = \begin{bmatrix} \gamma_{XX}(o) & \gamma_{XX}(1) & \cdots & \gamma_{XX}(N) \\ \gamma_{XX}(1) & \gamma_{XX}(o) & \cdots & \gamma_{XX}(N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \gamma_{XX}(N) & \gamma_{XX}(N-1) & \cdots & \gamma_{XX}(O) \end{bmatrix}$$

Sind die Kovarianzen γ_{XX} unbekannt und zu schätzen, geht man so vor:
Bei gegebenen Schätzwerten für $\gamma_{XX}(k^*)$ $(k^* < k)$ wird $\gamma_{XX}(k)$ so geschätzt, daß

$$\hat{H}(k) = \frac{1}{2} \ln \det \hat{G}(k) ,$$

wobei

---

1) Ulrych, T.J.; Bishop, T.N. [40].

$$\hat{G}(k) = \begin{bmatrix} c_{XX}(o) & c_{XX}(1) & \dots & c_{XX}(k) \\ c_{XX}(1) & c_{XX}(0) & \dots & \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{XX}(k) & c_{XX}(k-1) & \dots & c_{XX}(0) \end{bmatrix}$$

maximiert wird.

Als Maximalbedingung ergibt sich

(*) $\det \hat{G}(k) = 0$.

Jetzt geht man zum vorher betrachteten autoregressiven Prozeß zurück. Werden dort die Kovarianzen $\gamma_{XX}(k)$ mit der Yule-Walker Schätzung durch $c_{XX}(k)$ geschätzt, erhält man die gleiche Bedingung (*). Die Maximum Entropy Methode - wie hier erklärt - ist also das gleiche, als wenn einer Zeitreihe ein autoregressives Modell angepaßt wird.

C Naturkautschuk - die Produktionsbedingungen - ein Marktmodell

I Hevea brasiliensis

Es gibt viele Kautschuk[1] liefernde Pflanzen.[2] Doch 99% der heutigen Weltproduktion stammen von dem Baum Hevea brasiliensis. Wenn ein Hevea brasiliensis Baum 4 bis 6 Jahre alt ist, kann mit der Latex-Gewinnung begonnen werden. Circa 6 Jahre lang steigt dann die Produktionsmenge des Baumes, dann sinkt sie langsam. Insgesamt hat ein Baum eine produktive Lebensdauer von rund 30 Jahren.[3] Latex kann das ganze Jahr über gezapft werden, während des Blattabwerfens (im Januar bis April[4]) - das "Wintering" - ist der Ausstoß geringer. Die Produktivität hängt auch von der Zapfweise (Art, Häufigkeit, Regelmäßigkeit) ab.

II Die klimatischen Erfordernisse

1. Allgemein

Die wichtigsten klimatischen Voraussetzungen für den Hevea brasiliensis Baum sind

1.) geringe Temperaturschwankungen im Laufe des Jahres und zwischen Tag und Nacht bei einer Durchschnittstemperatur von 25° - 27°C.[5]

2.) viel und gleichmäßig über das Jahr verteilter Regen. 2000 - 4000 mm Niederschlag pro Jahr sind ideal.[6]

---

1) Mit Kautschuk ist im folgenden stets Naturkautschuk gemeint.

2) Vgl. Polhamus, L.G. [37], S. 62 - 178.

3) Vgl. Polhamus, L.G. [37], S. 88.

4) Ooi Jin-Bee [35] , S. 207.

5) Domrös, M. [9], S. 49 und S. 191.

6) Ochse, J.J. u.a. [34], S. 948.

Weniger Regen führt zu geringerem Wachstum der Bäume und zu geringerem Latexausstoß.

Kautschukplantagen befinden sich in der äquatorialen Klimazone (10°N bis 10°S). Dieses Gebiet ist gekennzeichnet durch zwei Regenzeiten, unterbrochen von zwei trockenen oder weniger regenreichen Jahreszeiten. Die Niederschläge sind meist sehr hoch (über 1000mm pro Jahr); die Temperaturschwankungen über das Jahr sind gering, sie vollziehen sich nur zwischen Tag und Nacht (Tageszeitenklima)[1].

2. Das Klima in den beiden Hauptanbaugebieten Malaya und Indonesien

Die Klimata in den beiden Hauptlieferländern von Kautschuk - 67% der Weltproduktion kamen 1965 hierher[2] - werden kurz näher beschrieben:

a) Malaya

Hierher kamen 1965 37% der Weltkautschukproduktion.[2] Die Hauptanbaugebiete von Malaya liegen im Westen und Südwesten. Da die Temperaturschwankungen überall sehr gering sind, erfolgt die Einteilung in Klimazonen anhand der Niederschlagsmengen. Nach Nieuwolt[3] ergeben sich so die Hauptkautschukanbaugebiete:

1) Der Westen[4]

Es gibt hier zwei Niederschlagsmaxima im Jahr: im Oktober/November und im April/Mai; das erste ist regenreicher. Niederschlagsmaxima sind die Monate

---

1) v. Blanckenburg, P. [4], S. 2.

2) Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38].

3) Nieuwolt, S. [32], S. 73 ff.

4) Neben den klimatischen Gegebenheiten ist der Westen Malayas auch durch gute Verkehrswege und billige Arbeitskräfte aus Süd-Indien begünstigt (vgl. Ooi Jin-Bee [35], S. 217).

Januar bis März und Mitte Mai bis Ende September. Das zweite ist trockener.

2) Die Malakka-Küste
Das ist der Küstenstreifen von Port Dickson bis Muar. Hier ist nur ein Niederschlagsmaximum im Oktober/November. Die Monate April und Mai sind im Vergleich dazu wesentlich trockener. Das Niederschlagsminimum ist von Januar bis März.

3) Der Südwesten
Hier sind die Niederschläge sehr gleichmäßig über das Jahr verteilt.

b) Indonesien
1965 kamen 30% der Weltproduktion an Kautschuk hierher. Die Hauptanbaugebiete liegen auf Sumatra im Osten und Süden, auf Borneo im Süden und Südosten, auf Java im Westen.[1] Wie auch in Malaya sind die Temperaturschwankungen sehr gering und die klimatischen Verhältnisse sind bei generell hohen Niederschlägen durch die Niederschlagsschwankungen im Jahresverlauf bestimmt.[2] Dabei gibt es im Osten und Süden Sumatras zwei Niederschlagsmaxima im Oktober/November und im April/Mai. In einigen Regionen ist das zweite Maximum weniger ausgeprägt. Auf Borneo gibt es ebenfalls zwei Niederschlagsmaxima, der Unterschied zwischen beiden ist nicht so groß wie auf Sumatra. Im Westen Javas kommt zu den Hauptniederschlagsmaxima noch ein niedrigeres im Januar.

III Die zwei Anbau-Sektoren

Wurde zu Beginn des Jahrhunderts Kautschuk nur aus wild wachsenden Pflanzen gewonnen, so stammt heute praktisch die gesamte Weltproduktion an Kautschuk von Plantagen. Zwei Sektoren von Plantagen sind zu unter-

---

1) Meyers [28], S. 149 ff.
2) Hacker, H. [16], S. 20 ff.

scheiden - und werden in den Statistiken der International Rubber Study Group getrennt aufgeführt:

1. Der Estate-Sektor

Dieser Sektor umfaßt Plantagen mit einer Anbaufläche von wenigstens 100 acres. Estates sind oft im Besitz von Europäern und Nordamerikanern. Sie werden mit modernen Management-Methoden geleitet, arbeiten mit angeworbenen Arbeitskräften und sind ausschließlich auf die Kautschukproduktion spezialisiert.[1] 1965 kamen in Malaya 56%, in Indonesien 31% der Naturkautschukproduktion aus dem Estate-Sektor.

2. Der Smallholder-Sektor

Diese Plantagen haben eine Anbaufläche, die kleiner als 100 acres ist. Es sind kurzfristig planende Familienbetriebe. Teilweise werden noch andere Produkte erzeugt.[2] Ich gebe eine kurze Charakterisierung der Smallholder in den beiden Hauptanbaugebieten:

a) Malaya
Teilweise bauen die Smallholder noch Getreide und Reis an, auch Kokospalmen sind in ihren Besitz. Dann wird zur Zeit der Reispflanzung und -ernte die Latex-Gewinnung vernachlässigt.[3] Der Reis ist jedoch vorwiegend für den Eigengebrauch bestimmt, während die Kautschuk-Produktion die eigentliche Geldeinkommensquelle ist.[4]

b) Indonesien
Hier sind Kautschuk-Produktion und Reisanbau gleichwertige Einkommensquellen. Die Entscheidung für eine der beiden erfolgt je nach dem Verhältnis der Erlöse für die beiden Produkte.[5]

---

1) Ooi Jin-Bee [35], S. 217.

2) Vgl. z.B. Voss, W. [42], S. 105 ff und S. 127 ff; auch Ooi Jin-Bee [35], S. 218; Ochse, J.J. u.a. [34], S. 990 ff.

3) Ruthenberg, H. [38], S. 238, auch Ooi Jin-Bee [35].

4) Voss, W. [42], S. 110.

5) Voss, W. [42], S. 110.

IV Ein Modell für den Naturkautschukmarkt

Im groben ergeben die bisherigen Untersuchungen folgendes Bild vom Naturkautschukmarkt: Die Nachfrager - zum Großteil Industrieländer - sind für die Preisbewegungen verantwortlich, doch ist der Preis allein (sieht man vom Synthesekautschukmarkt ab) keine entscheidende Einflußgröße beim Verbrauch von Naturkautschuk, der vielmehr stark von der Entwicklung der inländischen industriellen Produktion abhängt. Auf die Preisschwankungen reagiert die Produktion schwach - in Indonesien stärker als in Malaya, im Smallholder-Sektor mehr als im Estate-Sektor. Die Lager der Estates werden eher als die Estate-Produktion von Preisschwankungen beeinflußt, haben aber vorwiegend nicht spekulativen Charakter. Das gleiche gilt für die Händlerlager.

Nachdem dieses Modell vom Naturkautschukmarkt bekannt ist, ist es von Interesse, zu welchen Aussagen eine spektralanalytische Untersuchung - und dann eine Untersuchung mit Hilfe der Maximum Entropy Methode führt: welche der oben genannten Aussagen werden bestätigt, welche Aussagen kann man darüber hinaus machen, was für ein Modell für den Naturkautschukmarkt erhält man dann?

D Das Datenmaterial und das Vorgehen bei der Auswertung

I Die zur Untersuchung herangezogenen Zeitreihen

Folgende Zeitreihen werden für die Untersuchung herangezogen:[1)]

a) Spot-Preis für Ribbed Smoked Sheets Nr. 1 (RSS1) in Dollar an der New Yorker Börse.
Zwar bestreiten nur Hevea brasiliensis Plantagen die Weltkautschukproduktion, doch ist das Ergebnis nicht eine Kautschukart, sondern es gibt viele Typen[2)] (diese Aufteilung erfolgt nach Aufbereitungsarten); die Typen wiederum kommen in verschiedenen Qualitätsstufen (Gradierungen) vor. Die Untersuchungen mit dem New Yorker Preis für RSS1 durchzuführen, rechtfertigt:[3)]

1.) RSS1 ist die am meisten gehandelte Gradierung. Durch enge Substitutionsbeziehungen sind die Preisbewegungen der anderen Gradierungen gleichgerichtet.

2.) Die Korrelation zwischen dem offiziellen Börsenpreis und dem Exportpreis ist sehr hoch.

3.) Zwischen den Notierungen von RSS1 an den Börsen London, New York und Singapur besteht eine hohe Korrelation. Neben den eben genannten Haupthandelsplätzen für Kautschuk bestehen kaum Residualmärkte. Außerdem existieren kaum langfristige Lieferverträge.

Bezüglich der Untersuchungen im Produzentenbereich fragt sich weiter, ob mit Marktpreisschwankungen (d.h. auch Exportpreisschwankungen) gleiche Veränderungen des von den Produzenten erzielten Preises einhergehen.[4)]

---

1) Die Kautschukdaten sind dem Rubber Statistical Bulletin [38] entnommen; die Produktionsindizes der Industrieländer stammen aus dem Monthly Bulletin of Statistics [29].

2) Polhamus, L.G. [37], S. 201 ff.

3) Vgl. Kolbe, H., Timm, H.-J. [24], S. 24 f, S. 34.

4) Vgl. Voss, W. [42], S. 115 f.

Verzerrungen sind durch monopsonistische Marktstrukturen und Exportsteuern möglich. Für Estates, die direkt auf dem Weltmarkt anbieten (oder zumindest den Händlern gegenüber eine starke Verhandlungsposition haben) gehen die Exportsteuern als indirekte Steuern in den Preis ein. Je nach Steuerart ist der Einfluß auf die Angebotselastizität. Aber den Einfluß des Preises auf die Produktion wird das praktisch nicht ändern.[1] Im Smallholder-Sektor gibt es monopsonistische Strukturen, in Indonesien mehr als in Malaya. Das führt bei steigenden Marktpreisen (durch weniger steigende Produzentenpreise) zu einer schwächeren Reaktion der Smallholderproduktion, bei fallenden Marktpreisen (und noch stärker fallenden Produzentenpreisen) reagiert die Smallholderproduktion stärker als dies ohne monopsonistische Strukturen der Fall wäre. Die gleiche Wirkung haben Exportsteuern. Beides zusammen führt bei der Smallholderproduktion bei steigenden Preisen zu einer schwächeren, bei fallenden Preisen zu einer stärkeren Reaktion. Da die Preisentwicklung von Kautschuk im betrachteten Zeitraum nicht stets in einer Richtung verlief,[2] ist der Einfluß dieser Marktstruktur und der Exportsteuern nicht eindeutig festzulegen.

Bei den Untersuchungen der Nachfrageseite wurde wieder der Preis für RSS1 an der New Yorker Börse herangezogen. Ist dieser Preis auch in diesem Fall repräsentativ? Voss[3] führt diese Frage näher aus. Man kann zusammenfassend Folgendes sagen: In den betrachteten Verbraucherländern wird der Kautschukbedarf über den organisierten Markt, durch Direktkäufe und durch eigene Plantagen gedeckt. Der Gesamtanteil solcher Plantagen an der Weltanbaufläche beträgt rund 2,5%[4], und Probleme bezüglich des "Preises" bei dieser Vermarktungs-

---

1) Voss, W. [42], S. 116 u. S. 123.

2) Vgl. auch Kolbe, H.; Timme, H.-J. [24], graphische Darstellung, S. 30.

3) Voss, W. [42], S. 61 ff.

4) Voss, W. [42], S. 59.

form können deshalb unberücksichtigt bleiben. Zwischen dem organisierten Markt und dem Markt der Direktkäufe bestehen bezüglich Preisänderungen so enge Beziehungen, daß man den offiziellen Preis als repräsentativ für den gesamten Markt ansehen kann.

b) Produktionshöhe von Naturkautschuk für die Länder Malaya (West Malaysien) und Indonesien
Bei beiden Ländern wird zunächst die Produktion der zwei Anbausektoren Estate-Sektor und Smallholder-Sektor getrennt betrachtet,[1] anschließend die Gesamtproduktion des jeweiligen Landes.

c) Lager von Naturkautschuk in Malaya und Indonesien

In der Statistik von Malaya wird zwischen Händler-, Hafen- und Estatelagern unterschieden. Untersucht wurden Estate- und Händlerlager[2] und die Höhe des Gesamtlagers in Malaya. Smallholderlager sind bedeutungslos und werden statistisch auch nicht erfaßt.

Für Indonesien stehen nur beim Estate-Sektor exakte Zahlen zur Verfügung, und nur diese Lager wurden betrachtet.

d) Nettoexporte an Naturkautschuk von Malaya und Indonesien

e) Verbrauch an Naturkautschuk in den USA, Großbritannien, Frankreich, den Niederlanden und der Bundesrepublik Deutschland
Diese Länder bestritten 1965 rund 50% des geschätzten Weltverbrauchs an Naturkautschuk, und sie sind die einzigen größeren Kautschukverbraucher, für die exakte Daten über den gesamten betrachteten Zeitraum vorliegen.

---

1) Die Gesamtproduktion Malayas setzt sich (1965) aus 44% Smallholder- und 56% Estate-Produktion zusammen. In Indonesien kommen (1965) 69% der Produktion von Smallholdern, 31% von Estates (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

2) Zusammen machen diese Lager (1965) 92% der Gesamtlager aus (70% Händlerlager, 22% Estatelager) (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

Der Verbrauch wird als Repräsentant der Nachfrage gesehen. Daß die Stockpile-Käufe und -Verkäufe der USA und Großbritanniens nicht in die Untersuchung eingehen können,[1] ist sicher von Nachteil. Doch andererseits stellten die Stockpile-Käufe nur bis zum Anfang der 5oer Jahre einen wichtigen Nachfragefaktor dar. Die späteren Stockpile-Abgaben sind im Vergleich zur Weltproduktion dann ein unbedeutender Versorgungsfaktor.[2] Die übrigen Lager in den Verbraucherländern haben keine Bedeutung.[3]

f) Die Indizes der industriellen Produktion von den USA, Großbritannien, Frankreich, den Niederlanden und der Bundesrepublik Deutschland
Die zur Verfügung stehenden Daten waren großteils umzuindizieren. Daß für die Bundesrepublik bis 1963 der Index für die industrielle Produktion ohne die des Saargebietes ermittelt wurde, spielt praktisch keine Rolle.

g) Sicher wäre es auch interessant und nützlich, den Synthesekautschuk mit in die Untersuchung aufzunehmen.[4] Doch dieser ist erst seit etwa 1960 ein gleichwertiger Konkurrent des Naturkautschuks und die wechselnden Substitutionsbeziehungen zu den verschiedenen Zeitpunkten sind nicht mit der - für die Kreuzspektralanalyse zu machenden - Annahme der Kovarianzstationarität zu vereinbaren.
Weiter wäre der Einfluß des Anteils der hochertragreichen Bäume Hevea brasiliensis auf andere Größen, die betrachtet werden, interessant zu untersuchen,[5] doch liegt das für eine Spektralanalyse und auch für die Anwendung der Maximum Entropy Methode benötigte Material nicht vor.

---

1) Nur Jahresdaten sind verfügbar.
2) Vgl. Kolbe, H., Timm, H.-J. [24], S. 8.
3) Voss, W. [42], S. 174.
4) Siehe z.B. Voss, W. [42], S. 180 - 209.
5) Siehe z.B. Voss, W. [42], S. 219.

Auch die Einflüsse des Reispreises auf die Naturkautschukproduktion[1] bleiben unberücksichtigt. Denn nur für Malaya ist das nötige statistische Material dazu verfügbar, und in Malaya bauen die Smallholder - falls überhaupt - Reis nur für den Eigenverbrauch an.

II Fragen im Zusammenhang mit der Spektralanalyse

1. Zur Voraussetzung der schwachen Stationarität

Bei spektralanalysischen Untersuchungen ökonomischer Zeitreihen werden diese als Realisation von schwach stationären stochastischen Prozessen angesehen. Die Annahme der schwachen Stationarität ist oft nicht gerechtfertigt:

a) Trend-, Konjunktur- und Saisoneinflüsse treten auf[2]. Zur Beseitigung dieser Einflüsse sind viele Verfahren entwickelt worden. Die Wirkungen verschiedener solcher Verfahren bei der Durchführung einer Spektralanalyse sind vielfach untersucht worden.[3] Alle untersuchten Verfahren führen zu Verzerrungen der Schätzungen, besonders des Spektrums und der Phasenverschiebung, selbst bei richtigen Annahmen über Trend- und Saisoneinflüsse. Die Art und die Stärke der Verzerrungen sind vom angewandten Verfahren und von der Gestalt des wahren Spektrums abhängig.

Ein linearer Trend im Mittelwert und in der Varianz kann schon dadurch beseitigt werden, daß man statt

---

1) Siehe z.B. Voss, W. [42], S. 220.

2) Granger, C.W.J., Hatanaka, M. [13], S. 190 ff.

3) Fishman, G.S. [11]; Garbers, H. u.a. [12]; Heiler, S. [18]; Kendall, M.G., Stuart, A. [21]; Lauenstein, H. [26]; Nerlove, M. [30]; Niessen, H.-J. [31]; Nullau, B. u.a. [33].

des ursprünglichen Prozesses $(X(t))_{t\in R}$ den Prozeß der Zuwächse $(X(t) - X(t-1))_{t\in R}$ betrachtet.[1] Dabei wird die Schätzung der Spektraldichte für alle Frequenzen kleiner. Dieses Verfahren (einfache Variate-Difference Methode) wurde hier angewandt.

Aussagen über trendmäßige Entwicklungen und Zusammenhänge können also nicht gemacht werden. Saisonschwankungen sind hingegen in diesen Ergebnissen verzeichnet.

b) Eine andere Ursache für Nichtstationarität sind Struktureinbrüche[2] (Kriege, Krisen, Streiks, Naturkatastrophen). Dieses Problem wurde bei der Wahl des Untersuchungszeitraums zu berücksichtigen versucht. Der Zeitraum von 1953 bis 1972 wird betrachtet (eine Ausnahme stellt Indonesien dar; für dieses Land waren geschlossene Zeitreihen von Monatswerten nur für den Zeitraum von 1953 bis 1964 verfügbar). Die Nachkriegsjahre bis zur Koreakrise und der Zeitraum von der Ölkrise 1973 an sind also nicht in die Untersuchung aufgenommen.

2. Zur Vorgehensweise bei der Auswertung

Die Rechnungen wurden mit dem Parzen-Fenster durchgeführt.[3] Eine Beschreibung des verwendeten Spektralanalyse-Programms findet man bei Karreman.[4] Die Rechnungen wurde mit verschiedenen Werten für den maximalen Time-lag durchgeführt: für Malaya und die Verbraucherländer lag er zwischen 48 und 96, für Indone-

---

1) Fishman, G.S. [11], S. 58 ff.
2) Granger, C.W.J., Hatanaka, M. [13], S. 196 ff.
3) Vgl. Kapitel A I.
4) Karreman, H.F. [20].

sien zwischen 24 und 48. Die verschiedenen Ergebnisse wurden dann verglichen und nur die bei allen Werten für den maximalen Time-lag auftretenden Zyklen als wahr angenommen.[1] Bei den Einzeluntersuchungen der Zeitreihen sind die zu den erwähnten Zyklen in Klammern aufgeführten Zahlen aus den Rechnungen mit einem maximalen Time-lag (M) von 48 für Malaya und die Verbraucherländer, von 24 für Indonesien hervorgegangen. Die erste Zahl gibt den geschätzten Anteil der Schwingung dieser Frequenz an der Gesamtvarianz der Prozesse an; die zweite Zahl ist die Summe der Anteile der Schwingungen dieser Frequenz (f) und der benachbarten Frequenzen ($f + \frac{1}{2M}$ und $f - \frac{1}{2M}$) an der Gesamtvarianz des Prozesses. Alle Werte des jeweiligen Spektrums und die Anteile aller betrachteten Frequenzen an der Gesamtvarianz des Prozesses sind im Teil H II der Arbeit aufgeführt (dies sind die Ergebnisse der Rechnungen mit den oben genannten maximalen Time-lags von 48 bzw. 24).

Aussagen über Zusammenhänge zwischen zwei Zeitreihen sind mit dem Schätzwert der Kohärenz gemacht worden. Bei der Periodenlänge ist dabei mit Verzerrungen zu rechnen. Auf eine Interpretation der Schätzung für den Time-lag zwischen zwei Zeitreihen wurde verzichtet, weil diese Schätzung, bei relativ kleinen Werten für die Kohärenzschätzung (das ist häufig der Fall) sehr schlecht ist; dann ist bei vielen Zeitreihen auch mit einem Feed-back zu rechnen.[2] Weiter führt die vorgenommene Trendbereinigung zu einer Verzerrung der Phasenschätzung. Zudem könnten Unterschiede bei der statistischen Erhebung der einzelnen Zeitreihen zu falschen Schlüssen bezüglich des Time-lags führen.

---

1) Ausnahmen sind ausdrücklich erwähnt; dabei wurden in der Regel erst bei größer werdendem maximalen Time-lag Zyklen in den Zeitreihen oder Zusammenhänge zweier Zeitreihen deutlich.

2) Vgl. auch Kapitel A I, S. 16.

III Zur Vorgehensweise bei der Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode

Wie bei der spektralanalytischen Untersuchung wird hier vorausgesetzt, daß die zugrunde liegenden Prozesse stationär sind. Deshalb wird die gleiche Trendbereinigung hier wie dort angewandt und der gleichen Zeitraum betrachtet. Dadurch werden die Ergebnisse auch besser vergleichbar. Außerdem wurden hier die Zeitreihen mittelwertbereinigt. Die Koeffizienten α_i (i = 1, ..., p) wurden nach dem von Burg vorgeschlagenen Verfahren geschätzt. Wie bei der Spektralanalyse der maximale Time-lag, so war hier die Ordnung p des Prozesses festzulegen. Dazu wurde so vorgegangen: Im eindimensionalen Fall wurde der Schätzwert für den Final Prediction Error (FPE) für p = 1, 2, ..., 20 ermittelt (manchmal noch für Werte von p bis 40) und dann die Ordnung mit dem kleinsten Wert für $\hat{FPE}$ der weiteren Untersuchung zugrundegelegt. Bei der Schätzung des Kreuzspektrums zweier autoregressiver Prozesse wurden wieder für viele p = 1, 2, ... die Schätzwerte des Final Prediction Error für beide Zeitreihen ermittelt. Die Ordnung, für die das Produkt aus beiden Schätzwerten am kleinsten war, wurde für die weitere Untersuchung zugrundegelegt. Die Interpretation wurde dann - wie bei der Spektralanalyse - anhand des Kohärenzschätzwertes vorgenommen. Und zwar wurden die Werte der Spektren und Kreuzspektren integriert für den

12-Monats-Zyklus über Frequenzen von 0,044 bis 0,126 Schwingungen pro Monat, für den

6-Monats-Zyklus über Frequenzen von 0,128 bis 0,208 Schwingungen pro Monat, für den

4-Monats-Zyklus über Frequenzen von 0,210 bis 0,292 Schwingungen pro Monat, für den

3-Monats-Zyklus über Frequenzen von 0,294 bis 0,376 Schwingungen pro Monat, für den

2,4 -Monats-Zyklus über Frequenzen von 0,378 bis 0,478 Schwingungen pro Monat.

E Die spektralanalytische Untersuchung der Zeitreihen

I Das Angebot an Naturkautschuk

1. Malaya

1.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (2)[1]

Am ausgeprägtesten ist bei der Produktion im Estate-Sektor Malayas der 6-Monats-Zyklus (9,37%; 22,24%).[2] Dieser Zyklus ist - zumindest teilweise - durch die doppelte Regenzeit bedingt. Auch der 12-Monats-Zyklus ist deutlich (5,82%; 13,80%). Leakage-Effekte vom 6-Monats-Zyklus sind dafür wohl in geringem Maße verantwortlich; sondern das am stärksten ausgeprägte Niederschlagsmaximum im Oktober zusammen mit der trockensten Periode im Jahr von Mai bis September im Westen und das Niederschlagsmaximum im Oktober und November an der Malakka-Küste bewirken diesen Produktionszyklus. Schwächer ausgeprägt sind der 4-Monats-Zyklus (1,93%; 4,85%) und der 3-Monats-Zyklus (3,10%; 7,99%). Kurzfristige Schwankungen[3] spielen auch eine Rolle.

b) Der Smallholder-Sektor (3)

Im Smallholder-Sektor ist der 6-Monats-Zyklus am stärksten ausgeprägt (10,73%; 25,15%). Das hat die gleichen (zumindest z.T. klimatischen) Gründe wie im Estate-Sektor. Daß dieser Zyklus hier noch deutlicher ist, mag u.a. folgende Gründe haben: Die Malaischen Smallholder sind zum Teil nicht ganz auf die Kautschukproduktion spezialisiert - wenn dies auch ihre

---

1) Die im Abschnitt E hinter Überschriften in Klammern stehenden Ziffern geben die Bezeichnung der zugehörigen Tabellen im Teil H II an.

2) Zur Berechnung dieser in Klammern angegebenen Prozentzahlen vgl. S. 42. Die vollständigen Tabellen sind im Teil H aufgeführt.

3) Damit werden im Folgenden Zyklen mit einer Periodenlänge unter 3 Monaten gemeint. Manchmal werden noch einzelne dieser Zyklen einzeln aufgeführt.

Haupterwerbsquelle ist. Zusätzlich wird u.a. Reis angebaut. Während der Hauptreisernte (Wasserreis, der in Malaya hauptsächlich angebaut wird[1]) von Januar bis April und der zweiten Erntezeit im Juli und August[2] läßt man die Latexgewinnung links liegen.[3] Dies sind ohnehin die niederschlagsärmeren Monate, d.h. der Latexausstoß ist geringer. Und die Smallholder, die kurzfristig planen und nicht regelmäßig zapfen, neigen dazu, nur dann zu zapfen, wenn der Ausstoß relativ hoch ist.[4]

Der 12-Monats-Zyklus ist dann im Vergleich zum Estate-Sektor schwächer ausgeprägt (2,80%; 6,76%). Weiter zu verzeichnen sind der 4-Monats-Zyklus (2,14%; 5,79%), der 3-Monats-Zyklus (1,97%; 5,71%) und kurzfristige Schwankungen.

c) Die Gesamtproduktion Malayas (4)

Die Gesamtproduktion Malayas setzt sich aus 44% Smallholder- und 56% Estate-Produktion zusammen.[5] Folgende Zyklen werden deutlich: der 12-Monats-Zyklus (4,56%; 10,87%), der 6-Monats-Zyklus (10,65%; 25,30%), der 4-Monats-Zyklus (1,97%; 5,00%), der 3-Monats-Zyklus (2,47%; 6,64%) und kurzfristige Schwankungen.

Die Hauptschwankungen der Produktion sind also zumindest teilweise auf klimatische Faktoren zurückzuführen, was in der Bedeutung des 6-Monats-Zyklus und des 12-Monats-Zyklus zum Ausdruck kommt. Daß das "wintering" der Kautschuk-Bäume - was einem 12-Monats-Zyklus entspricht - die entscheidende Saisongröße[6] ist, kann man nicht sagen.

---

1) Ooi Jin-Bee [35], S. 224.

2) World Crop Harvest Calendar [43], S. 108.

3) Ruthenberg, H. [39], S. 238.

4) Vgl. auch Voss, W. [42], S. 105 f.

5) Dies sind die Werte von 1965 (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

6) W. Voss [42] (S. 211) kommt zu dem Ergebnis, daß das "wintering" die dominierende Verursachungsgröße für Saisonschwankungen der Produktion ist.

1.2. Die Lager

a) Der Estate-Sektor (5)

Am bedeutendsten für die Höhe der Lager ist der 6-Monats-Zyklus (10,10%; 24,24%), was wohl auf den entsprechenden Zyklus der Produktion zurückzuführen ist oder zumindest damit einhergeht.[1] Die gleiche Ursache hat wohl der 12-Monats-Zyklus (7,72%; 18,46%). Darüber hinaus werden deutlich der 4-Monats-Zyklus (2,18%; 5,84%), der 3-Monats-Zyklus (2,72%; 7,79%) und kurzfristige Lagerschwankungen.

b) Der Händler-Sektor (6)

In diesem Sektor ist wie bei den Estates der 6-Monats-Zyklus am stärksten ausgeprägt (6,10%; 15,36%). Daß dieser Zyklus hier aber doch nicht so stark wie im Estate-Sektor hervortritt, deutet wohl darauf hin, daß neben der Produktion andere Faktoren für die Händlerlager von stärkerem Einfluß sind.[2]

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (7)

Der durchschnittliche Gesamtlagerbestand Malayas setzt sich zusammen aus 22% Estate-Lagern, 70% Händler-Lagern und 8% Hafen-Lagern.[3]

Zu nennen sind folgende Zyklen: der 12-Monats-Zyklus (4,06%; 9,87%), der 6-Monats-Zyklus (8,36%; 20,51%), der 4-Monats-Zyklus (2,54%; 7,39%), der (ungefähr) 3-Monats-Zyklus (3,75%; 10,45%) und kurzfristige Schwankungen.

---

1) Siehe dazu auch Kapitel E I 1.7.

2) Siehe dazu auch die Kapitel E I 1.5. und E I 1.7.

3) Dies sind die Zahlen von 1965 (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

1.3. Die Netto-Exporte Malayas (8)

Am deutlichsten sind kurzfristige Schwankungen mit einer Periodenlänge bis zu 3 Monaten (insgesamt rund 68% der Gesamtvarianz). Außerdem sind zu nennen: der 12-Monats-Zyklus (1,34%; 3,29%), der 6-Monats-Zyklus (2,11%; 5,58%) und der (ungefähr) 4-Monats-Zyklus (2,41%; 6,75%; das Maximum liegt bei 3,6 Monaten).

1.4. Der Preis für Naturkautschuk und die Produktion

a) Der Estate-Sektor (1 - 2)

Für den Estate-Sektor läßt sich spektralanalytisch kaum ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Produktion und dem Preis von Naturkautschuk feststellen. Für einen Zyklus von 4,8 Monaten[1] weist ein Wert von 0,20 für $\hat{K}^2$ darauf hin (im Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen aus den Kapiteln E II und E III), daß die für die Produktion weniger bedeutenden 4-Monats-Zyklen auf Preisschwankungen zurückgeführt werden können.

b) Der Smallholder-Sektor (1 - 3)

Bei langen Zyklen[3] verweisen hohe Werte von $\hat{K}^2$ auf eine Abhängigkeit der Neuanpflanzungen und der Pflanzung von ertragreicheren Bäumen bei den Smallholdern vom momentanen Preis.[4]

---

1) Denn mit Verzerrungen bezüglich der Periodendauer ist bei Kreuzspektralanalysen zu rechnen, die insbesondere dadurch hervorgerufen werden, daß die Kreuzkovarianzfunktion im Unterschied zu der Autokovarianzfunktion im allgemeinen das Maximum nicht an der Stelle Null hat.

2) $\hat{K}^2$ ist der Schätzwert für die Kohärenz, der sich bei den Kreuzspektralanalysen mit maximalem Time-lag von 48 (bei Indonesien 24) ergibt.

3) Unter langen Zyklen sind im Folgenden stets Zyklen mit einer Periodenlänge von mehr als 12 Monaten gemeint.

4) Bei der Rechnung mit einem maximalen Lag-Parameter von 72 erhält man für den 6-Jahres-Zyklus für $\hat{K}^2$ einen Wert von 0,41.

Ein Wert von 0,33 für $\hat{K}^2$ bei einem Zyklus von 4,8 Monaten zeigt - im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Kapitel E II und E III[1] -, daß die Smallholder mit der Produktion auf die 4-Monats-Preiszyklen reagieren. Diese Reaktion ist hier wesentlich deutlicher als im Estate-Sektor.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion (1 - 4)

Ein Zusammenhang bei langen Zyklen ist zu sehen. Der Wert von 0,28 für $\hat{K}^2$ bei einem Zyklus von 4,8 Monaten zeigt die Reaktion der Produktion auf die Preisschwankungen. Diese setzt sich aus der stärkeren Reaktion bei den Smallholdern und der schwächeren bei den Estates zusammen.

1.5. Der Preis für Naturkautschuk und die Lager

a) Der Estate-Sektor (1 - 5, 1 - 5b)

Die Kreuzspektralanalyse von Preis und Lagerhöhe zeigt bei einem maximalen Time-lag von 48 nur bei einem Zyklus von 2,4 Monaten ($\hat{K}^2$ = 0,20) einen Zusammenhang zwischen beiden. Bei größeren Werten für den maximalen Time-lag (72) ist ein Zusammenhang bei Zyklen von 3,2 ($\hat{K}^2$ = 0,27) bis 4 Monaten, sowie bei kurzfristigen Schwankungen gegeben. Die Kreuzspektralanalyse von Preis und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung ergibt größere Werte von $\hat{K}^2$ (0,34) für einen Zyklus von 3,3 Monaten und bei einem Zyklus von ungefähr 6 Monaten ($\hat{K}^2$ = 0,17) einen schwachen Zusammenhang. Auch bei kurzfristigen Schwankungen sieht man Bindungen.

---

1) Aus den Ergebnissen der Kreuzspektralanalysen kann nur auf Zusammenhänge zwischen 2 Zeitreihen, nicht auf die Reaktion des einen Prozesses auf den anderen geschlossen werden. Der zweite Schluß kann nur unter Berücksichtigung von anderen Informationen gezogen werden. Im Folgenden wird darauf nicht mehr ausdrücklich hingewiesen.

Zusammen mit den anderen Ergebnissen kommt man deshalb zu dem Schluß, daß die Estates im Lagerbereich auf Preisschwankungen schwach reagieren.[1)]

b) Der Händler-Sektor (1 - 6)

Bei langen Zyklen besteht ein Zusammenhang; für den 4-Jahres-Zyklus ergibt sich $\hat{K}^2 = 0{,}24$. Die Händler passen also ihre Lagergröße der längerfristigen Preissituation an. Größere Werte für $\hat{K}^2$ bei Zyklen von 3,4 bis 4 Monaten (bis zu $\hat{K}^2 = 0{,}41$) zeigen in Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen, daß die Händlerlager bezüglich des 4-Monats-Zyklus auf Preisschwankungen reagieren. Auch bei kurzfristigen Schwankungen bestehen Bindungen.

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (1 - 7)

Bei Zyklen von 3,3 bis 4 Monaten ist eine Reaktion des Lagers auf die Preisschwankungen zu sehen ($\hat{K}^2$ nimmt Werte zwischen 0,27 und 0,44 an). Da die Reaktion hier stärker ist, als wenn nur der Händler-Sektor betrachtet wird, wird hieran deutlich, daß andere Sektoren im Lagerbereich auf Preisschwankungen reagieren. Smallholderlager sind unbedeutend, die Hafenlager sind wesentlich kleiner als die Estate-Lager und hier ist ohnehin nicht mit irgendwelchen Reaktionen auf den Preis zu rechnen. Also zeigt auch dieses Ergebnis, daß die Estates im Lagerbereich auf Preisschwankungen reagieren.

---

1) Im Zusammenhang mit den Ergebnissen des Kapitels E III 1. könnte man auch folgende These annehmen: Die Estates reagieren auf die Nachfrageänderung, jedoch nicht genügend stark, so daß es auch zu Preissteigerungen kommt. Dem widersprechen die - eigentlich nicht herangezogenen - Schätzwerte für die Phasenverschiebung zwischen den Zeitreihen des Verbrauchs, der Produktion und des Preises.

7.6. Der Preis von Saisonkapazität und die Exportabhängigkeit (1 - 8)

Saisonale Zyklen von einer Länge von 3,3 bis 4 Monaten verweisen hohe Werte für $\bar{R}^2$ ($\bar{R}^2 = 0,44$ für einen Zyklus von 3,4 Monaten) auf eine Reaktion des Exports auf Preisschwankungen. Auch bei kurzfristigen Schwankungen ist ein Zusammenhang deutlich.

7.7 Produktion und Lager

a) Der Estate-Sektor (1 - 5, 1 - 10)

Zunächst die Ergebnisse der Kreuzspektralanalyse von Produktion und Lagerbestand. Sehr hohe Werte für $\bar{R}^2$ ergeben sich über alle saisonalen Frequenzen, speziell beim 12-Monats-Zyklus ($\bar{R}^2 = 0,61$), beim 6-Monats-Zyklus ($\bar{R}^2 = 0,69$), beim 4-Monats-Zyklus ($\bar{R}^2 = 0,81$) und beim (ungefähr) 3-Monats-Zyklus ($\bar{R}^2 = 0,56$). Daraus deutlich, daß die Lagerhaltung im Estate-Sektor vorwiegend von der Produktionsseite her bestimmt ist. Dabei sind die saisonalen Käufe und Preise im Lagerbereich stärker ausgeprägt als im Produktionsbereich.[1] Dies kann dann zu erwarten sein, wenn der Verkauf unabhängig von diesen Schwankungen gleichmäßig über das Jahr verteilt ist.[2] Bedenkt man, daß für den Export, der die Produktion fast ausschließlich aufnimmt, die saisonalen 6- und 12-Monatsschwankungen von wesentlich geringerer Bedeutung sind als bei der Estate-Produktion, kann man die obige Annahme für den Verkauf machen.

Daß man in der oben genannten Größenordnung auch für den 4-Monats-Zyklus einen besonders hohen Wert für $\bar{R}^2$ erhält ($\bar{R}^2 = 0,81$), soll im Zusammenhang

---

1) s. Rose [142] (S. 211) kommt zu dem entgegengesetzten Ergebnis: Er fällt die saisonalen Schwankungen der Lager für schwächer als die im Produktionsbereich.

2) Das hängt von der Phasenbeziehung zwischen Produktions- und Lagerschwankungen ab.

mit der Kreuzspektralanalyse von der Produktion und den Verhältnissen Verkäufen und Lagerveränderung interpretiert werden. Bei dieser Analyse ergibt sich für einen Zyklus von 4,6 Monaten $\hat{K}^2 = 0,25$.
Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Kapitel E I 1.4. und E I 1.5. ist folgende Interpretation möglich: Auf Preisschwankungen reagieren die Estates stärker im Lager- als im Produktionsbereich. Die Veränderung des Verhältnisses von Verkäufen und Lagerveränderung bewirkt eine Reaktion der Produktion. Das wäre also eine indirekte Reaktion der Produktion auf Preisschwankungen.

b) Der Händler-Sektor (4 - 6)

Die Gesamtproduktion Malayas wurde hier der Höhe der Händlerlager gegenübergestellt. Wie im Estate-Sektor nimmt $\hat{K}^2$ für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,67$) und den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,57$) bei Zyklen bis zu einer Periode von 3 Monaten hohe Werte an. Diese Schwankungen der Händlerlager sind also auf Produktionsschwankungen zurückzuführen. Insgesamt ist die Bindung zwischen Produktion und Lagerhöhe bei den Händlern jedoch wesentlich schwächer als im Estate-Sektor.

c) Gesamtproduktions- und Gesamtlagerhöhe (4 - 7)

Insgesamt ist der Zusammenhang zwischen beiden Größen sehr hoch, besonders beim 12- ($\hat{K}^2 = 0,82$) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,46$), beim 3-Monats-Zyklus ist $\hat{K}^2 = 0,70$. Die Lager sind also in starkem Maße von der Produktionsseite bestimmt.

1.8 Die Produktion und der Export

a) Der Estate-Sektor (2 - 8)

Hohe Werte für $\hat{K}^2$ bei langen Zyklen, beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,87$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,45$)

und bei Zyklen von 3 bis 3,4 Monaten ($\hat{K}^2$ nimmt Werte bis zu 0,50 an) zeigen, daß der Export in starkem Maße von saisonalen Produktionsschwankungen des Estate-Sektors beeinflußt ist. Die hohen Werte von $\hat{K}^2$ bei Zyklen von 3 bis 3,4 Monaten zeigen, daß die preisbestimmten Produktionsschwankungen "an den Export weitergegeben werden".

b) Der Smallholder-Sektor (3 - 8)

Bei langen Zyklen sieht man einen Zusammenhang; beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,87) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,57) sieht man, daß die Smallholder ihre saisonal-bedingten Produktionsschwankungen "an den Export weitergeben". Die Bindung beim 4-Monats-Zyklus ist überraschend gering ($\hat{K}^2$ = 0,17 für einen Zyklus von knapp 4 Monaten). Das mag daran liegen, daß - betrachtet man die Zyklen mit einer Länge von 3,4 bis 4 Monaten - das Maximum des Anteils einer Frequenz an der Gesamtvarianz beim Export bei dem Zyklus von 3,55, bei der Smallholderproduktion beim Zyklus von 4 Monaten liegt (das kann daran liegen, daß der Weg des Smallholderkautschuks von der Produktion zum Export nicht so einfach ist, wie der des Estate-Sektors).

c) Die Höhe der Gesamtproduktion und der Export (4 - 8)

Bei langen Zyklen (12-Monats-Zyklus: $\hat{K}^2$ = 0,88; 6-Monats-Zyklus: $\hat{K}^2$ = 0,51) ist der Zusammenhang deutlich. Das gleiche gilt für Zyklen von 3 bis 3,4 Monaten ($\hat{K}^2$ nimmt Werte bis zu 0,39 an).

2. Indonesien

2.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (9)

Am stärksten ausgeprägt sind kurzfristige Schwankungen von ungefähr 2,4 Monaten (9,28%; 24,86%).

Weiter zu verzeichnen sind der 12-Monats-Zyklus (3,91%; 9,51%), der 6-Monats-Zyklus (6,81%; 16,69%), der 4-Monats-Zyklus (4,07%; 10,61%) und der 3-Monats-Zyklus (4,90%; 12,79%). Die größere Bedeutung kurzfristiger Schwankungen (im Vergleich zu Malaya) im Verhältnis zu den 6- und 12-Monats-Zyklen wird an dem hier noch ausgeglicheneren Klima liegen.

b) Der Smallholder-Sektor (10)

Die Smallholder-Produktion ist durch kurzfristige Schwankungen und den 4-Monats-Zyklus (9,03%; 23,85%) charakterisiert. Klimatische saisonale Einflüsse sind kaum nachzuweisen (der 12-Monats-Zyklus (1,28%; 3,39%)).

c) Die Gesamtproduktion Indonesiens (11)

Die indonesische Kautschukproduktion setzt sich aus 69% Smallholder- und 31% Estate-Kautschuk zusammen.[1] Kurzfristige Schwankungen und der 4-Monats-Zyklus (8,33%; 21,98%) sind sehr deutlich, schwach ist der 12-Monats-Zyklus (1,28%; 4,33%) ausgeprägt. Auch der 3-Monats-Zyklus hebt sich ab (5,70%; 15,91%).

2.2 Die Lager (12)

In Indonesien stehen nur für den Estate-Sektor exakte Daten zur Verfügung, deshalb wird nur dieser Sektor betrachtet.

Dominierend ist der 6-Monats-Zyklus (11,88%; 29,81%); weiter zu verzeichnen sind der 12-Monats-Zyklus (6,62%; 17,28%), der 4-Monats-Zyklus (5,67%; 14,90%) und der Zyklus von ungefähr 2,4 Monaten (2,81%; 7,74%).

---

1) Dies sind die Werte von 1965 (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

2.3. Die Netto-Exporte Indonesiens (13)

Am bedeutendsten sind kurzfristige Schwankungen und der 4-Monats-Zyklus (8,46%; 22,30%). Weiter zu verzeichnen sind der 12-Monats-Zyklus (1,29%; 3,61%), der 3-Monats-Zyklus (5,73%; 15,99%) und der 2,4-Monats-Zyklus (5,65%; 15,76%).

2.4 Der Preis für Naturkautschuk und die Produktion

a) Der Estate-Sektor (1 - 9)

Beim 12-Monats-Zyklus sieht man einen Zusammenhang ($\hat{K}^2$ = 0,24) zwischen Preis und Produktion. Dies bedeutet wohl eine Reakton des Preises auf die Produktion.[1] Bei größerer Wahl des maximalen Time-lag sieht man auch eine Reaktion beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,19) und 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,17).

b) Der Smallholder-Sektor (1 - 10)

Die großen Werte für $\hat{K}^2$ bei langen Zyklen deuten an, daß in Indonesien (wie in Malaya) Neuanpflanzungen oder der Anbau ertragreicherer Bäume vom Preis abhängen.[2] Beim 4-Monats-Zyklus zeigt ein Wert von 0,33 für $\hat{K}^2$, daß diese Produktionsschwankungen im Smallholderbereich aus den Preisschwankungen resultieren. Auch beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) sieht man einen Zusammenhang. Bei größerer Wahl des maximalen Time-lag (36) werden auch beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,25) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26) Bindungen sichtbar, doch diese Schwankungen sind für die Smallholderproduktion unbedeutend.

---

1) Vgl. die Ergebnisse der Kapitel E I 1. und E III.

2) Bei der Rechnung mit einem maximalen Lag von 36 erhält man für den 6-Jahres-Zyklus $\hat{K}^2$ = 0,30.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion (1 - 11)

Am ausgeprägtesten ist die Reaktion (durch die Smallholder) beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31). Auch beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,19) sieht man einen Zusammenhang.

2.5. Der Preis für Naturkautschuk und die Lager (1 - 12, 1 - 12b)

Nur die Estates können auf diesen Zusammenhang hin untersucht werden.

Die Kreuzsprektralanalyse von Preis und Lagerhöhe verweist nur auf eine Reaktion der Lager auf den Preis beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21) und beim für den Preis unbedeutenderen 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,32). Bei größerer Wahl des maximalen Time-lag (36) wird auch beim 4-Monats-Zyklus eine Reaktion sichtbar ($\hat{K}^2$ = 0,22). Die Kreuzspektralanalyse von Preis und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderungen zeigt beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,24) einen Zusammenhang und die Reaktion der Lagers beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27). Die Estates reagieren also auf Preisschwankungen im Lagerbereich.

2.6. Der Preis von Naturkautschuk und die Exporthöhe (1 - 13)

Ein Zusammenhang wird deutlich beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30). Die erste Bindung bewirken wohl vor allem die Estates, die zweite die Smallholder. Beim 12-Monats-Zyklus ist es wohl so, daß die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen Exportschwankungen hervorrufen. Das führt dann zu Preisschwankungen. Der 4-Monats-Zyklus spielt

für den Export eine große Rolle, der Export wird also stark durch Preisschwankungen beeinflußt. Neben diesen Zusammenhängen sieht man einen schwachen beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,18$).

2.7. Produktion und Lager (9 - 12, 9 - 12b)

Nur die Estates können betrachtet werden. Im Verhältnis zum Estate-Sektor Malayas ist im ganzen die Höhe des Lagers nicht so stark durch die Produktion bestimmt. Bei folgenden Zyklen ergibt die Kreuzspektralanalyse von Produktions- und Lagerhöhe große Werte: beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,56$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,67$), beim (ungefähr) 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,35$) und beim Zyklus von ungefähr 2,4 Monaten ($\hat{K}^2 = 0,26$). Die Kreuzspektralanalyse von Produktion und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung bringt bei langen Zyklen einen sehr hohen Zusammenhang beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,26$) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,39$). Diese zuletzt genannte Bindung kann so interpretiert werden: Auf Preisschwankungen reagieren die Estates vorwiegend mit Verkäufen von Lager. Dem folgt eine Reaktion der Produktion auf die Änderung des Verhältnisses von Verkäufen und Lagerveränderung. Dies wäre eine indirekte Reaktion der Produktion auf den Preis.

2.8. Die Produktion und der Export

a) Der Estate-Sektor (9 - 13)

Beim 12-Monats-Zyklus sieht man einen Zusammenhang ($\hat{K}^2 = 0,63$) der zeigt, daß die Produktion die klimatisch begründeten Schwankungen an den Export weitergibt. Weitere Zusammenhänge sind beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,21$) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,23$). Diese Zyklen sind jedoch für den Export nicht die bedeutendsten. Die Exportschwankungen werden also

zwar durch die Estate-Produktionsschwankungen beeinflußt, aber nicht bestimmt.

b) Der Smallholder-Sektor (10 - 13)

Für alle verzeichneten Frequenzen, die einen Zyklus von weniger als einem Jahr entsprechen, ergeben sich Werte für $\hat{K}^2$, die größer als 0,90 sind. Auch für längere Zyklen ist $\hat{K}^2$ größer als 0,72. Das weist darauf hin, daß die Smallholder-Produktion direkt in den Export eingeht.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion und der Export (11 - 13)

$\hat{K}^2$ nimmt für alle verzeichneten Frequenzen Werte größer als 0,96 an. Insgesamt ist der Weg des Kautschuks von der Produktion zum Export also sehr direkt.

II Die Nachfrage nach Naturkautschuk

1. Die USA (14, 21, 14 - 21, 1 - 14)

Die für den Naturkautschukverbrauch der USA bedeutenden Zyklen sind: der 12-Monats-Zyklus (1,07%; 2,79%), der 6-Monats-Zyklus (4,46%; 11,14%), der 4-Monats-Zyklus (3,61%; 9,12%), der (ungefähr) 3-Monats-Zyklus (4,80%; 12,36%), der Zyklus von 2,4 Monaten (12,10%; 29,43%).

Bis auf den 12-Monats-Zyklus prägen diese Zyklen auch die industrielle Produktion: der 6-Monats-Zyklus (6,90%; 16,62%), der 4-Monats-Zyklus (7,48%; 17,97%), der 3-Monats-Zyklus (4,83%;11,54%) und der 2,4-Monats-Zyklus (6,64%; 15,90%).[1)]

---

1) Mit dem 12-Monats-Zyklus und dem 2-Monats-Zyklus entsprechen diese Zyklen den typischen "Saisonfrequenzen" (Nerlove, M. [30], S. 258 ff).

Die Kreuzspektralanalyse beider Zeitreihen zeigt, daß der Naturkautschukverbrauch stark von der Höhe der industriellen Produktion abhängt, dies gilt insbesondere für die oben genannten Zyklen: den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,74), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,74), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,28) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,87). Bedenkt man, daß ein Großteil des Naturkautschuks in der stark konjunkturabhängigen Reifenindustrie benötigt wird, leuchtet dieses Ergebnis unmittelbar ein.

Die Kreuzspektralanalyse von Preis und Verbrauch zeigt einen Zusammenhang bei langen Zyklen ($\hat{K}^2$ = 0,69 für den 4-Jahres-Zyklus). Hierfür mag die Substitution des Naturkautschuks durch Synthetikkautschuk verantwortlich sein - doch diese Schlußfolgerung geht über den Rahmen dieser Untersuchung hinaus. Andererseits kann es auf ein auch langfristiges Folgen des Preises auf die konjunkturelle Entwicklung in den USA hinweisen. Die Werte von $\hat{K}^2$ = 0,22 für einen 4-Monats-Zyklus von $\hat{K}^2$ = 0,59 für einen 3,4-Monats-Zyklus zeigen, daß die Preisschwankungen mit einer Periode von 3,4 bis 4 Monaten von Nachfrageschwankungen in den USA bestimmt werden.[1] $\hat{K}^2$ = 0,30 für einen Zyklus von gut 6 Monaten deutet den gleichen Sachverhalt für den 6-Monats-Zyklus an. Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21) wird es wohl so sein, daß die Verbrauchsschwankungen durch die Angebotsschwankungen, die zu Preisschwankungen führen, hervorgerufen werden.

2. Großbritannien(15, 22, 15 - 22, 1 - 15)

Für den Naturkautschukverbrauch sind charakteristisch: der 6-Monats-Zyklus (3,98%; 9,54%), der 4-Monats-Zyklus (5,83%; 14,11%) und der 3-Monats-Zyklus (12,22%; 30,83%).

---

1) Man muß dies in Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen sehen und auch bedenken, daß z.B. 1965 knapp 1/4 des geschätzten Weltverbrauchs an Naturkautschuk auf die USA entfielen (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

Die gleichen Zyklen kennzeichnen die industrielle Produktion: der 6-Monats-Zyklus (8,90%; 21,02%), der 4-Monats-Zyklus (12,26%; 28,76%) und der 3-Monats-Zyklus (4,15%; 9,96%).

Wie die Kreuzspektralanalyse zeigt (bei allen verzeichneten Frequenzen erhält man hohe Wert für $\hat{K}^2$), ist der Verbrauch an Naturkautschuk stark von der Höhe der industriellen Produktion geprägt; das gilt in besonderem Maße für die für beide Zeitreihen charakteristischen Zyklen: den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,91$), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,92$) und - in geringerem Maße - den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,23$).

Für den Zusammenhang zwischen Verbrauch an Naturkautschuk und Preis kommt man mit Hilfe der Kreuzspektralanalyse zu folgendem: Große Werte für $\hat{K}^2$ bei langen Zyklen ($\hat{K}^2 = 0,41$ für den 4-Jahres-Zyklus) könnten durch die Substituie des Naturkautschuks bedingt sein. Bei einem Zyklus von 12 Monaten weist ein Wert von 0,24 für $\hat{K}^2$ auf einen Zusammenhang. Rechnungen mit größeren maximalen Time-lags (72) verweisen darauf ($\hat{K}^2 = 0,26$), daß die Preisschwankungen von rund 3,5 Monaten durch die Verbrauchsschwankungen in Großbritannien mit bedingt (oder doch zumindest unterstützt) werden.[1)]

3. Frankreich (17, 19, 17 - 19, 1 - 17)

Beim Verbrauch an Naturkautschuk sind folgende Zyklen zu verzeichnen: der 6-Monats-Zyklus (3,66%; 10,04%), der 4-Monats-Zyklus (6,42%; 17,07%) und der 3-Monats-Zyklus (4,75%; 12,65%) und schwach der 2,4-Monats-Zyklus (1,66%; 4,54%). Die industrielle Produktion ist gekenn-

---

1) Großbritannien verbrauchte 1965 rund 8% des geschätzten Weltverbrauchs an Naturkautschuk (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

zeichnet durch: den 12-Monats-Zyklus (2,20%; 5,25%), den 6-Monats-Zyklus (5,92%; 14,12%), den 4-Monats-Zyklus (5,92%; 14,19%), den 3-Monats-Zyklus (7,91%; 19,04%) und den 2,4-Monats-Zyklus (7,80%; 18,79%).

Die Ergebnisse der Kreuzspektralanalyse von Verbrauch an Naturkautschuk und Höhe der industriellen Produktion verweisen bei den eben genannten, für beide Zeitreihen bedeutenden Schwankungen darauf, daß der Verbrauch an Naturkautschuk von der Höhe der industriellen Produktion stark abhängt. Man erhält im einzelnen: $\hat{K}^2$ = 0,23 für den 12-Monats-Zyklus, $\hat{K}^2$ = 0,44 für den (ungefähr) 6-Monats-Zyklus, $\hat{K}^2$ = 0,49 für den 4-Monats-Zyklus und $\hat{K}^2$ = 0,35 für den 2,4-Monats-Zyklus.

Die Kreuzspektralanalyse von Preis und Verbrauch an Naturkautschuk zeigt nur ($\hat{K}^2$ = 0,21 für einen Zyklus von 4,3 Monaten), daß die Preisschwankungen von ungefähr 4 Monaten auch durch den Verbrauch in Frankreich unterstützt werden. Sonst kann man für Frankreich keinen Zusammenhang zwischen dem Verbrauch und dem Preis sehen.

4. Die Niederlande (18, 23, 18 - 23, 1 - 18)

Beim Verbrauch der Niederlande spielen nur Schwankungen von 2 bis 3 Monaten eine Rolle (ungefähr 68% der Gesamtvarianz).

Für die industrielle Produktion sind zu verzeichnen der 12-Monats-Zyklus (2,42%; 6,56%), der 6-Monats-Zyklus (5,43%; 13,36%), der (ungefähr) 3-Monats-Zyklus (7,64%; 20,03%) und der 2,4-Monats-Zyklus (5,61%; 14,84%).

Die Kreuzspektralanalyse kann nur bei einem Zyklus von knapp 3 Monaten ($\hat{K}^2$ = 0,36) einen Zusammenhang zwischen

der industriellen Produktion und dem Verbrauch an Naturkautschuk ausmachen. Das liegt an der geringen Bedeutung der kautschukverarbeitenden Industrie in den Niederlanden.

Für einen Zyklus von gut 4 Monaten sieht man einen Zusammenhang von Verbrauch und Preis ($\hat{K}^2 = 0,25$), der jedoch für den Verbrauch keine Rolle spielt. Sonst erhält man noch bei langen Zyklen größere Werte für $\hat{K}^2$ ($\hat{K}^2 = 0,22$ für den 4-Jahres-Zyklus).

5. Die Bundesrepublik Deutschland (16, 20, 16 - 20, 1 - 16)

Der Verbrauch an Naturkautschuk ist gekennzeichnet durch den 6-Monats-Zyklus (3,38%; 8,31%), den 4-Monats-Zyklus (6,90%; 16,96%), den (ungefähr) 3-Monats-Zyklus (4,00%; 10,54%) und den 2,4-Monats-Zyklus (5,92%; 14,80%).

Durch die gleichen Zyklen ist auch die industrielle Produktion gekennzeichnet: den 6-Monats-Zyklus (15,83%; 37,41%), den 4-Monats-Zyklus (4,38%; 10,87%), den 3-Monats-Zyklus (4,86%; 12,19%) und den 2,4-Monats-Zyklus (3,49%; 8,88%).

Die Kreuzspektralanalyse von Verbrauch an Naturkautschuk und Höhe der industriellen Produktion macht eine starke Abhängigkeit des Naturkautschukverbrauchs von der Höhe der industriellen Produktion deutlich[1]; besonders gilt das für die oben genannten, für beide

---

[1] Dem von E. Gröhn [15] erhaltenen Ergebnis, daß zwischen der verarbeitenden Industrie und der Kautschuk- und Asbestverarbeitenden Industrie bei einem Zyklus von 60 Monaten die Kohärenz den Wert 1 annimmt, ist kritisch gegenüber zu stehen (E. Gröhn [15], Tabelle S. 138).

Zeitreihen wichtigen Zyklen: für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,67), für den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,52) und für den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,51); merkwürdigerweise nicht für den 3-Monats-Zyklus.

Die Kreuzspektralanalyse von Preis und Verbrauch an Naturkautschuk verweist auf einen Zusammenhang bei langen Zyklen ($\hat{K}^2$ = 0,52 für den 4-Jahres-Zyklus) und bei kurzen Zyklen. Rechnungen mit größerem maximalen Time-lag (72) zeigen, daß bei den Preisschwankungen von ungefähr 4 Monaten die Bundesrepublik durch Nachfrageschwankungen unterstützend wirkt ($\hat{K}^2$ = 0,28 für den 4,5-Monats-Zyklus).[1)]

6. Zusammenfassung

Zusammen mit den Ergebnissen der Kapitel E I und E III kommt man zu folgenden Ergebnissen für die Nachfrage nach Naturkautschuk:

In den betrachteten Ländern war der Weltmarktpreis keine entscheidende Größe für den Verbrauch an Naturkautschuk. Dieser hing vielmehr vorwiegend vom konjunkturellen und saisonalen Verlauf im Inland ab (Ausnahme: die Niederlande).

Nur der weniger bedeutende 12-Monats-Zyklus in den USA ist wohl durch die Produktionsschwankungen in den Herstellerländern - einhergehend mit Preisschwankungen - bedingt.

Für die Zusammenhänge zwischen Verbrauch und Preis von Naturkautschuk in den USA, in Großbritannien, in der

---

1) 1965 entfielen rund 6,5% des geschätzten Weltverbrauchs an Naturkautschuk auf die Bundesrepublik (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

Bundesrepublik, schwach auch in den Niederlanden, kann man zwei mögliche Gründe angeben: es kann eine langfristige Abhängigkeit des Naturkautschukpreises von der konjunkturellen Entwicklung in den Verbraucherländern bedeuten. Es kann auch so sein, daß darin zum Ausdruck kommt, daß langfristig die Substitute dem Naturkautschuk je nach den Preisverhältnis der beiden vorgezogen werden. Im Rahmen dieser Untersuchung kann man dazu keine weiteren Aussagen machen, denn über Zyklen mit einer Dauer von mehr als 12 Monaten sind kaum genaue Aussagen möglich und der Synthetikkautschuk ist (durch das sich verändernde Substitutionsverhältnis zum Naturkautschuk[1]) nicht in die Untersuchung aufgenommen.

Diese Untersuchung gibt keinen Hinweis auf die von W. Voss[2] angenommen 15-Monats-Zyklen beim Verbrauch.

Daß der Verbrauch der USA im großen Maße die Preisbewegungen bestimmt, kann man folgern; ob die anderen Länder durch ihre inländisch bedingten Verbrauchsschwankungen dies verstärken oder ob sie auch so flexibel sind, daß sie die durch die USA verursachten Preisschwankungen nützen, kann hier nicht entschieden werden. Sieht man jedoch die Bedeutung des 4-Monats-Zyklus für die industrielle Produktion dieser Länder (Ausnahme: die Niederlande), so scheint das erstere der Fall zu sein.

---

1) Vgl. Kapitel D.

2) Voss, W. [42], S. 217.

III Direkte Zusammenhänge zwischen dem Angebot und der Nachfrage[1] bei Naturkautschuk - Die Angebotsschwankungen (Zusammenfassung für Malaya und Indonesien)

1. Malaya

1.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (2 - 14)

Die Kreuzspektralanalyse von dem Verbrauch in den USA und der Produktion im Estate-Sektor Malayas ergibt große Werte für $\hat{K}^2$ bei folgenden Zyklen: beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}51$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}66$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}38$), schwach beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}16$), beim Zyklus von 2,4 Monaten ($\hat{K}^2 = 0{,}63$) und bei kurzfristigen Schwankungen.

Beim 12- und beim 6-Monats-Zyklus könnte dies eine Reaktion der Produktion auf die Nachfrageschwankungen sein; es kann auch sein, daß der Verbrauch die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen "aufnimmt", was (im Zusammenhang mit den weiteren Ergebnissen gesehen) beim 12-Monats-Zyklus anzunehmen ist. Beim 6-Monats-Zyklus kann es sein, daß klimatisch bedingte Produktionsschwankungen durch Nachfrageschwankungen verstärkt werden.[2] Es ist also

---

1) Im folgenden wird der Zusammenhang zwischen dem Angebot und der Nachfrage in den USA betrachtet, da diese der bedeutendste Konsument von Naturkautschuk sind. Dem schließt sich eine Untersuchung vom Export Malayas und Indonesiens und den anderen betrachteten Verbraucherländern an.

2) Würde man die Schätzwerte für die Phasenverschiebung zur Interpretation heranziehen, käme man für den 12-Monats-Zyklus zu dem Schluß, daß der Verbrauch die verbrauchsautonomen Produktionsschwankungen "aufnimmt". Für den 6-Monats-Zyklus wird ein kleiner Time-lag der Produktion von 1/3 Monat ausgewiesen, der keine Deutung erlaubt.

möglich, daß bei der Produktion der im Verhältnis zu dem 12-Monats-Zyklus stärker ausgeprägte 6-Monats-Zyklus, die größere Bedeutung durch die Reaktion der Produktion auf die 6-Monats-Schwankungen des Verbrauchs erhält.

Beim 4-Monats-Zyklus ist eine preisautonome Reaktion der Produktion auf die Nachfrageschwankungen anzunehmen. Das gleiche gilt auch für den 3-Monats-Zyklus und den 2,4-Monats-Zyklus des Verbrauchs, der zumindest teilweise die kurzfristigen Produktionsschwankungen bewirkt.

b) Der Smallholder-Sektor (3 - 14)

Bei langen Zyklen, beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}45$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}69$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}22$), schwach beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}16$) und bei kurzfristigen Schwankungen sieht man einen Zusammenhang. Bei langen Zyklen bedeutet dies eine langfristige Reaktion der Smallholder auf die Absatzmöglichkeiten. Beim 12-[1)], beim 6-Monats-Zyklus soll dieser Zusammenhang wie beim Estate-Sektor gedeutet werden. Beim 4-Monats-Zyklus kann die Bindung über den Preis bestehen: Die Nachfrageschwankungen führen zu Preisschwankungen, auf die die Smallholder reagieren. Für die Zusammenhänge beim 3-Monats-Zyklus und den kurzfristigen Schwankungen, ist der gleiche Tatbestand wie beim 6-Monats-Zyklus wahrscheinlich.

c) Die Gesamtproduktion Malayas (4 - 14)

Zusammenhänge sieht man bei langen Zyklen beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}49$), beim 6-Monats-Zyklus

---

1) Zu diesem Schluß würde auch eine Interpretation des Schätzwertes für die Phasenverschiebung führen.

($\hat{K}^2$ = 0,68), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29), schwach beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,15), beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,45) und bei kurzfristigen Schwankungen.

1.2 Die Lager

a) Der Estate-Sektor (5 - 14, 5b - 14)

Die Kreuzspektralanalyse vom Verbrauch in den USA und der Lagerhöhe im Estate-Sektor Malayas zeigt bei folgenden Zyklen Zusammenhänge zwischen beiden Zeitreihen: beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,56), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,69), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,35), beim (ungefähr) 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,50), beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) und bei kurzfristigen Schwankungen.

Die Kreuzspektralanalyse vom Verbrauch in den USA und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderungen im Estate-Sektor führt zu dem Ergebnis, daß bei folgenden Zyklen beider Zeitreihen Bindungen bestehen: beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31), beim (ungefähr) 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,65) und bei kurzfristigen Schwankungen.

Diese Ergebnisse stützen die Thesen über Zusammenhänge zwischen der Produktion der Estates und dem Verbrauch der USA. Beim 12-Monats-Zyklus gibt das Lager vorwiegend die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen an den Verbrauch weiter. Beim 6-Monats-Zyklus werden klimatisch bedingte Produktionsschwankungen durch Nachfrageschwankungen verstärkt. Beim 4-Monats-Zyklus und bei kurzfristigen Schwankungen reagieren die Estates direkt auf die Nachfrageschwankungen im Produktions- wie im Lagerbereich. Bei den 3-Monats-Schwankungen wird vor allem beim Lager auf die Nach-

frageschwankungen reagiert. Dies löst dann auch eine schwächere Reaktion der Produktion aus. Somit ist es jetzt auch möglich geworden, den 3-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen bei der Produktion und beim Lager der Estates zu erklären.

b) Der Händler-Sektor (6 - 14)

Zusammenhänge sind bei folgenden Zyklen deutlich: beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,49), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,61), beim (ungefähr) 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21), beim (ungefähr) 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,24) und bei kurzfristigen Schwankungen.

Für die Bindung beim 12-Monats-Zyklus sind in erster Linie die Produktionsschwankungen, die die Händler-Lager an die Nachfrager weitergeben, verantwortlich. Darüber hinaus mag eine Reaktion der Händler auf diese Nachfrageschwankungen verliegen, wie das auch für den 6-Monats-Zyklus auzunehmen ist. Bei dem 3-Monats-Zyklus und den kurzfristigen Schwankungen reagieren die Händler auf die Nachfrageschwankungen. Beim 4-Monats-Zyklus liegt eine stärkere Reaktion der Händler-Lager auf den Preis als auf die erhöhte Nachfrage (die die Preisschwankungen ja bewirkt) vor.

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (7 - 14)

Bezüglich des 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,56), des 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,77), des 3,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26) und bei kurzfristigen Schwankungen sieht man einen Zusammenhang. Während bei den beiden erstgenannten der preisautonome Zusammenhang zwischen den zwei Zeitreihen größer ist,[1)] ist beim 3,4-Monats-Zyklus eine Reaktion des Lagers auf die Produktionsschwankungen über die Preisschwankungen stärker.

---

1) Diese Zusammenhänge sind teilweise durch Nachfrageschwankungen, teilweise durch klimatisch bedingte Produktionsschwankungen verursacht.

1.3 Die Netto-Exporte Malayas

a) Die Exporte und der Verbrauch in den USA (8 - 14)

Zusammenhänge bestehen beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,61), beim 3,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27), beim (ungefähr) 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,32), beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,33) und bei kurzfristigen Schwankungen. Die für den Export bedeutendsten Schwankungen von bis zu 3 Monaten sind also direkte Reaktionen auf Nachfrageschwankungen. Beim 3,4-Monats-Zyklus erfolgt die Reaktion auch über den Preis. Der Zusammenhang beim 12-Monats-Zyklus spiegelt wohl hauptsächlich die Weitergabe der klimatisch bedingten Produktionsschwankungen an die Nachfrager wider. Es erstaunt, keinen Zusammenhang beim 6-Monats-Zyklus zu sehen.

b) Die Exporte und der Verbrauch in den anderen betrachteten Industrieländern (8 - 15, 8 - 16, 8 - 17, 8 - 18)

Beim 12-Monats-Zyklus wird für alle Länder ein Zusammenhang deutlich ($\hat{K}^2$ = 0,55 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,70 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,78 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,51 für die Niederlande). Für keines dieser Länder spielt der 12-Monats-Zyklus eine Rolle. Es handelt sich bei dem Zusammenhang wohl um ein Eingehen der Produktionsschwankungen in den Verbrauch. Weiter werden für alle Länder bei kurzfristigen Schwankungen Zusammenhänge zwischen dem Export und dem Verbrauch deutlich, was nur natürlich ist, da die Verbraucherlager keine bedeutende Funktion haben. Für Frankreich besteht auch beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,39) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,39) ein Zusammenhang. Das stellt wohl eine (für den Export nicht deutliche) Reaktion des Exports auf die Nachfrageschwankungen in Frankreich dar.

1.4 Zusammenfassung: Die Schwankungen beim Angebot von Naturkautschuk in Malaya

Für die Naturkautschukproduktion Malayas sind saisonale - klimatisch bedingte - Schwankungen von Bedeutung. Die so verursachten 12-Monats-Schwankungen im Estate- wie im Smallholder-Sektor werden an den Verbrauch "weitergeleitet" und bedingen auch Preisschwankungen. Die 6-Monats-Schwankungen haben wohl klimatische Gründe und werden durch Nachfrageschwankungen verstärkt.

Bei der Smallholder-Produktion besteht bei langen Zyklen eine Abhängigkeit von der Nachfrage - direkt, wie auch über den Preis. Dies bedeutet eine Abhängigkeit der Neuanpflanzungen oder des Anbaus ertragreicherer Bäume. Sie ist wohl nicht die Folge langfristiger Planung unter spekulativen Gesichtspunkten, sondern dadurch bedingt, daß nur bei hohen Preisen und Erlösen die Smallholder das nötige Kapital für Investitionen haben.[1)] Insgesamt ist die direkte Reaktion der Smallholder auf Nachfrageschwankungen größer als die preisinduzierte.

Bei den Estates ist die Reaktion auf die Nachfrageschwankungen über den Preis kaum gegeben. Es wird stärker direkt auf die Nachfrage reagiert; das verursacht den 4-Monats-Zyklus, den 3-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen. Jedoch sind diese den (zumindest großteils) klimatisch bedingten Zyklen in der Bedeutung weit unterlegen. Die These, daß die Estate-Produktion vorwiegend auf ein optimales Wachstum der Hevea brasiliensis Bäume ausgerichtet ist,[2)] wird also durch

---

1) Zwar gibt es staatliche Subventionen, doch die werden vornehmlich von Smallholdern in Anspruch genommen, die neben Kautschuk noch über andere Einkommensquellen verfügen. Erweiterungsinvestitionen sind in Malaya ohnehin vom Staat zu genehmigen und diese Genehmigungen sind schwer zu erhalten (vgl. W. Voss [42], S. 129 f).

2) Vgl. auch W. Voss [42], S. 97.

diese Ergebnisse nicht widerlegt. Die Lager der Estates haben vorwiegend nicht spekulativen Charakter;[1] das schließt eine Reaktion auf die Nachfrageschwankungen nicht aus - was besonders den 6-, den 4- und den 3-Monats-Zyklus betrifft. Dabei spielen auch die Preisschwankungen eine Rolle.

Bei den Händlern ist die Reaktion auf Preisschwankungen stärker als bei den Estates, die direkte Reaktion auf Nachfrageänderung ist schwächer. Auch sind diese Lager nicht in solchem Maße wie die der Estates durch die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen bestimmt. Langfristig hängt die Höhe der Händlerlager von den Preisen ab.

Beim Export sieht man, daß die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen "weitergeleitet" werden. Ansonsten sind schwache Reaktionen auf den Preis und direkt auf kürzerfristige (bis zu 4 Monaten Periodendauer) Nachfrageschwankungen zu sehen.

2. Indonesien

2.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (9 - 14)

Die Kreuzspektralanalyse zeigt einen Zusammenhang zwischen Estate-Produktion und dem Verbrauch der USA beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}45$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}39$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}51$), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}22$)

und bei kurzfristigen Schwankungen. Beim 12-Monats-Zyklus kann die Bindung einerseits in einer Reaktion des Angebots (bei der auch die Preisschwankungen eine Rolle spielen) bestehen, anderer-

---

1) Das liegt wohl an den hohen Lagerkosten von Rohkautschuk (Kolbe, H., Timm, H.-J. [24], S. 33).

seits kann es sich um eine klimatisch bedingte Produktionsschwankung handeln, die an den Verbrauch "weitergegeben" wird.[1] Für den 6-Monats-Zyklus und beim 3-Monats-Zyklus liegt wohl eine Reaktion der Produktion auf die Nachfrageschwankungen vor. Somit können auch diese Zyklen der Produktion jetzt geklärt werden.

b) Der Smallholder-Sektor (10 - 14)

Bei langen Zyklen, beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,33$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,33$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,28$) sieht man Zusammenhänge. Beim 12-Monats-Zyklus kann die Bindung auch ein "Aufgehen" der verbrauchsautonomen Produktionsschwankungen in den Verbrauch sein, doch vorwiegend bedeuten die Zusammenhänge wohl eine Reaktion der Produktion (über die Preisschwankungen) auf die Verbrauchsschwankungen.

c) Die Gesamtproduktion (11 - 14)

Bei langen Zyklen, beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,36$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,34$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,30$) bestehen Zusammenhänge. Beim 12-Monats-Zyklus geht dieser wohl von der Produktion aus, sonst vom Verbrauch.

2.2 Die Lager (Estates) (12 - 14, 12b - 14)

Die Kreuzspektralanalyse vom Verbrauch in den USA und den Lagern der Estates, zeigt bei langen Zyklen, beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,27$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,24$) Zusammenhänge.

---

1) Eine Interpretation des Schätzwertes für die Phasenverschiebung würde die zweite These - das "Weitergeben" der verbrauchsautonomen Produktionsschwankungen an den Verbrauch - bestätigen. Siehe auch die nächsten Abschnitte.

Die Spektralanalyse vom Verbrauch in den USA und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung ergibt beim (ungefähr) 4-Monats-Zyklus eine Bindung ($\hat{K}^2 = 0,37$).

Folgende Schlüsse sind daraus für die Estates Indonesiens zu ziehen: Bezüglich des 12-Monats-Zyklus geben die Estates die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen an die Verbraucher weiter. Auf die 6-Monats-Nachfrageschwankungen reagieren die Estates in der Produktion und im Lager, auf den 2,4-Monats-Zyklus im Lagerbereich. Beim 4-Monats-Zyklus erfolgt die Reaktion auch über die nachfragebedingten Preisschwankungen. Dabei reagiert das Lager deutlicher auf Preisschwankungen, die Produktion stärker auf Nachfrageschwankungen.

2.3 Die Netto-Exporte Indonesiens

a) Die Exporte und der Verbrauch in den USA (13 - 14)

Bei langen Zyklen, beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,31$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,33$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,32$) bestehen Zusammenhänge. Beim 12-Monats-Zyklus kann das durch die Produktionsschwankungen, die "weitergeleitet" werden,[1] oder auch (im Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen ist das nicht so wahrscheinlich) eine Reaktion des Exports auf die Nachfrageschwankungen sein. Beim 4- und beim 2,4-Monats-Zyklus handelt es sich um eine Reaktion des Exports auf die Nachfrage, wobei auch die Preisschwankungen von Bedeutung sind.

---

1) Darauf deutet der Schätzwert für die Phasenverschiebung zwischen beiden Zeitreihen bei dieser Frequenz hin.

b) Die Exporte und der Verbrauch in den anderen betrachteten Industrieländern (13 - 15, 13 - 16, 13 - 17, 13 - 18)

Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,33 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,22 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,42 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,34 für die Niederlande), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,56 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,52 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,50 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,17 für die Niederlande) sind in allen Ländern Zusammenhänge ausgewiesen; für die Bundesrepublik ($\hat{K}^2$ = 0,31), Frankreich ($\hat{K}^2$ = 0,22) und die Niederlande ($\hat{K}^2$ = 0,20) auch beim 2,4-Monats-Zyklus und auch für kurzfristige Schwankungen ($\hat{K}^2$ = 0,31 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,46 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,23 für die Niederlande).

2.4 Zusammenfassung: Die Schwankungen beim Angebot von Naturkautschuk in Indonesien

Für die Estates sind klimatisch bedingte Produktionsschwankungen von wesentlich stärkerer Bedeutung als für Smallholder; diese werden an den Verbrauch "weitergeleitet".

Die Smallholder reagieren wesentlich stärker auf Preisschwankungen (also indirekt auf Nachfrageschwankungen). Dadurch ist ihre Produktion geprägt. Sie werden bei als zu niedrig angesehenem Kautschukpreis ihr Geldeinkommen im Reisanbau realisieren und die Kautschukproduktion einstellen oder zumindest drosseln. Der Anbau von ertragreicheren Bäumen und Neuanpflanzungen hängt bei den indonesischen Smallholdern vom Preis ab[1], doch spielt die Entwicklung der Nachfrage eine noch größere Rolle bei den Investitionsentscheidungen. Es kann hier also

---

1) Sie erhalten kostenlos oder sehr billig Pflanzgut, und neues Land zur Rodung ist da (vgl. W. Voss [42], S. 130).

eine langfristige Planung vorliegen, die sich an den zukünftigen (mengenmäßigen) Absatzmöglichkeiten orientiert.

Die Estates reagieren auf die Nachfrage im Produktions- wie im Lagerbereich; auf Preisschwankungen wird im Lagerbereich stärker reagiert. Die Produktion wird im ganzen von den klimatischen Faktoren bestimmt, durch direkte Reaktion auf Nachfrageschwankungen entstehen die restlichen Zyklen, bzw. wird der 6-Monats-Zyklus verstärkt. Obgleich die Reaktion des Lagers auf Preisschwankungen stärker als die der Produktion ist, kann man nicht davon sprechen, daß die Lager spekulativer Natur sind. Dazu ist ihre Bestimmtheit durch die Produktion zu groß.

Beim Export ist das "Weiterleiten" der klimatisch bedingten Produktionsschwankungen, die Preisschwankungen zur Folge haben, zu verzeichnen; weiter sieht man eine preisinduzierte Reaktion auf die Nachfrage beim 4-Monats-Zyklus und kurzfristig eine direkte Reaktion auf Nachfrageschwankungen, die für den Export von Bedeutung ist.

3. Vergleich zwischen Malaya und Indonesien[1)]

Für die Produktion spielen in Malaya klimatische Einflüsse eine größere Rolle als in Indonesien.

Im Estate-Sektor ist die Reaktion der Produktion auf Preisschwankungen in beiden Ländern gering, die direkte Reaktion auf Nachfrageschwankungen wesentlich deutlicher. Im ganzen gesehen ist die Estate-Produktion jedoch wohl auf ein optimales Wachstum der Hevea brasiliensis Bäume ausgerichtet. Die Estate-Lager sind in beiden Ländern

---

1) Der "Vergleich hinkt" insofern, als in Indonesien nur der Zeitraum von 1953 bis 1965, in Malaya der von 1953 bis 1972 zur Untersuchung herangezogen wurde.

zwar nicht spekulativer Natur, jedoch ist eine direkte und indirekte (d.h. über Preisschwankungen erfolgende) Reaktion auf Nachfrageschwankungen zu sehen. Dabei scheint der Einfluß des Preises in Malaya schwächer zu sein als in Indonesien. Auf die Reaktion des Lagers (d.h. eine Veränderung des Verhältnisses von Verkäufen und Lagerveränderung) folgt die der Produktion. So kann man[2)] von einer indirekten Reaktion der Produktion auf die konjunkturelle bzw. saisonale Entwicklung in den Verbraucherländern sprechen.[2)] Auch diese Reaktion ist in Indonesien stärker als in Malaya.[3)]

Für den Smallholder-Sektor in beiden Ländern gilt, daß die Reaktion auf Preisschwankungen stärker als im Estate-Sektor ist; in Indonesien in weit größerem Maße als in Malaya. Das mag an den besseren Alternativen zur Kautschukproduktion (z.B. der Reisanbau) in Indonesien liegen. Während in Malaya die direkte Wirkung der Nachfrageschwankungen stärker ist als die preisinduzierte, kann man das in Indonesien nicht sagen. Neuanpflanzungen oder der Anbau ertragreicherer Bäume sind in beiden Ländern von der Nachfrage abhängig, in Malaya stärker über den Preis, in Indonesien stärker direkt von Nachfrageschwankungen. Dafür könnten weniger staatliche Subventionen und Möglichkeiten zu Erweiterungsinvestitionen in Malaya auf der einen Seite, aber auch stärkere Berücksichtigung der Absatzmöglichkeiten bei der Planung in Indonesien eine Rolle spielen. Bedenkt man die Organisationsweise und Lebensweise bei Smallholdern, ist eher das erste als Grund anzunehmen.

Für die Gesamtproduktion ergibt sich in Indonesien eine stärkere Reaktion auf den Preis,[4)] während in Malaya mehr direkt auf Nachfrageschwankungen reagiert wird. Daß

---

1) Die Ergebnisse der Kapitel E II und E IV sagen dies.

2) Vgl. auch W. Voss [42], S. 228.

3) Vgl. auch W. Voss [42], S. 228.

4) Zu diesem Ergebnis kommt auch W. Voss [42], S. 136 und 144.

der 12-Monats-Zyklus für Produktion und Lager der charakteristische ist,[1] kann aufgrund dieser Ergebnisse nicht gesagt werden.

Beim Export spielen in beiden Ländern kurzfristige Nachfrageschwankungen eine Rolle, auch Preisschwankungen beeinflussen den Export. Der Export Indonesiens wird dabei etwas stärker von der Nachfrage geprägt als der Malayas, das gilt auf jeden Fall bei der Nachfrage der betrachteten europäischen Industrieländer.

IV Die Schwankungen des Weltmarktpreises für Naturkautschuk

Folgende Zyklen sind für den Preis von Bedeutung: lange Zyklen, der (ungefähr) 12-Monats-Zyklus (4,20%; 11,61%), der (ungefähr) 6-Monats-Zyklus (3,44%; 9,71%) und der (ungefähr) 4-Monats-Zyklus (3,85%; 10,77%). Die Ursachen der langen Zyklen können im Rahmen dieser Untersuchung nur vermutet werden: Auf der Angebotsseite sieht man nur bei der Smallholderproduktion einen Zusammenhang mit dem Preis bei diesen Zyklen. Aus dem Smallholder-Sektor beider Länder zusammen kommen rund 37% der Weltproduktion.[2] Betrachtet man jeweils die Gesamtproduktion von Malaya und Indonesien, ist in Indonesien keine Bindung zwischen Produktion und Preis zu sehen, in Malaya auch wesentlich schwächer als wenn man nur den Smallholder-Sektor betrachtet. Beim Export ist für beide Länder kein Zusammenhang mit dem Preis für lange Zyklen zu sehen. Es erscheint also unwahrscheinlich, daß die Angebotsseite für diese Zyklen verantwortlich ist.

---

1) Vgl. W. Voss [42], S. 217.

2) Zahlen von 1965 (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

Die auf der Nachfrageseite betrachteten Länder vereinigen rund 42%[1] des geschätzten Gesamtverbrauchs der Welt an Naturkautschuk auf sich. Bis auf Frankreich[2], sieht man bei diesen Ländern bei den langen Zyklen einen recht deutlichen Zusammenhang zwischen Naturkautschukpreis und Verbrauch. Diese Bindungen mit dem Preis sind deutlicher als die auf der Angebotsseite. Insgesamt komme ich deshalb für die langen Zyklen zu dem Schluß, daß sie von der Nachfrageseite induziert sind. Das könnte auf mehrere Arten möglich sein: Der Preis könnte von der langfristigen konjunkturellen Entwicklung in den Verbraucherländern so abhängen, daß er "parallel" dazu verläuft. Oder die Substitute des Naturkautschuks verkleinern langfristig die Nachfrage nach Naturkautschuk, was zu einer gleichgerichteten Bewegung des Preises für Naturkautschuk führt. Synthetik-Kautschuk ist nicht in die Untersuchung aufgenommen[3], und man kann deshalb hier keine weiteren Aussagen machen.

Beim 12-Monats-Zyklus sind die Zusammenhänge so zu sehen: Die klimatisch bedingten Produktionsschwankungen führen zu Angebotsschwankungen - besonders in Indonesien, wie dort auch die Kreuzspektralanalyse von Preis und Export zeigt. Dabei kommt es zu Preisschwankungen. Die Nachfrager der USA nehmen das Angebot auf. Auch die anderen Nachfrager reagieren, jedoch nicht so deutlich.

Für den 6-Monats-Zyklus kommen als Ursache sowohl die Nachfrage- als auch die klimatisch bedingten Angebotsschwankungen in Frage. Bedenkt man, von welcher Bedeutung dieser Zyklus für den Verbrauch (besonders in den USA[4]) ist und vergleicht man die Ergebnisse der Kreuz-

---

1) Zahlen von 1965 (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

2) 1965 entfielen rund 5,1% des geschätzten Weltnaturkautschukverbrauchs auf Frankreich.

3) Zu den Gründen siehe Kapitel D.

4) Rund 10% des Weltnaturkautschukverbrauchs entfielen 1965 auf die USA (Quelle: Rubber Statistical Bulletin [38]).

spektralanalyse, so kommt man zu dem Schluß, daß für diese Preisschwankungen die Verbrauchsschwankungen in den USA die Ursache sind. Diese Preis- und Nachfrageschwankungen verstärken dann wohl die klimatischen Schwankungen auf der Angebotsseite.

Für den 4-Monats-Zyklus kommt man zu dem Ergebnis, daß die Nachfrage die Ursache ist. Doch nehmen wir zunächst an, die Angebotsseite verursache diesen Zyklus - denn ein Zusammenhang zwischen Preis und den Angebotszeitreihen ist (speziell beim Export) gegeben. Für diese preisautonom gedachten Schwankungen auf der Angebotsseite könnte man keine Ursachen nennen. Da dieser Zyklus (bis auf die Smallholder Indonesiens) nicht die größte Bedeutung für die Produktion hat, würde es wundern, wenn gerade durch diesen Zyklus so bedeutende Preisschwankungen ausgelöst würden. Wohingegen dann weiter anzunehmen wäre, daß der Zusammenhang bei diesem für den Verbrauch und die gesamte industrielle Produktion wichtigen Zyklus zwischen Verbrauch in den USA und Preis, eine Reaktion des Verbrauchs auf den Preis bedeutete; dem Verbrauch an Naturkautschuk wären dann im weiteren entscheidende Impulse auf die industrielle Produktion in den USA zu unterstellen. Diese Gedankenkette erscheint sehr unwahrscheinlich. Es ist wohl so: die durch die Schwankungen der industriellen Produktion bedingten Nachfrageschwankungen beim Naturkautschuk in den USA verursachen den Preis-Zyklus von ungefähr 4 Monaten. Auf die Preisschwankungen (und auch direkt auf die Nachfrageschwankungen) reagiert dann die Angebotsseite. Die anderen Nachfrageländer (Frankreich, Großbritannien, die Bundesrepublik) wirken auf diesen Zyklus dann verstärkend. Wahrscheinlich sind inländische Faktoren dafür verantwortlich, denn dieser Zyklus ist in allen 3 Ländern für die industrielle Produktion von Bedeutung.

Man kommt also zu dem Ergebnis, daß bis auf den 12-Monats-Zyklus die Nachfrageschwankungen in den Verbraucher-

ländern, speziell und vor allem in den USA, für die Preisschwankungen verantwortlich sind. Diese Nachfrageschwankungen hängen von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung im jeweiligen Industrieland ab. Der Preis für Naturkautschuk hängt also vorwiegend von konjunkturellen Bewegungen in den Verbraucherländern ab.[1)]

---

1) Vgl. auch Kolbe, H., Timm, H.-J. [24], S. 37.

F Die Untersuchung der Zeitreihen mit der Maximum Entropy Methode - auch im Vergleich zu den Ergebnissen der spektralanalytischen Untersuchung

I Das Angebot an Naturkautschuk

1. Malaya

1.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (2)[1)]

Am stärksten ist der 6-Monats-Zyklus ausgeprägt; außerdem ist der 12-Monats-Zyklus von Bedeutung. Schwach ausgeprägt sind der 4- und der 3-Monats-Zyklus. Auch kurzfristige Schwankungen[2)] sind in geringem Maße zu sehen.

Man erhält also die gleichen Ergebnisse wie bei der spektralanalytischen Untersuchung.

b) Der Smallholder-Sektor (3)

Es ergibt sich ein ähnliches Bild wie im Estate-Sektor. Im Unterschied zu dort sind hier der 12-Monats-Zyklus schwächer, der 4-Monats-Zyklus unschärfer ausgeprägt und die kurzfristigen Schwankungen von größerem Gewicht.

Bei der Spektralanalyse ergab sich für den Smallholder-Sektor ein deutlicher ausgeprägter 4-Monats-Zyklus als für den Estate-Sektor. Sonst stimmen die Ergebnisse überein.

c) Die Gesamtproduktion Malayas (4)

Für die Gesamtproduktion sind die oben genannten Zyklen ungefähr in dem gleichen Maße von Bedeutung

---

1) Die im Abschnitt F hinter Überschriften in Klammern stehenden Ziffern geben die Bezeichnung der zugehörigen graphischen Darstellung oder der Tabelle im Teil H III an.

2) Darunter verstehe ich im allgemeinen - wie in Kapitel E - Schwankungen mit einer Dauer von weniger als 3 Monaten.

wie im Estate-Sektor. Doch sind die Peaks - durch den Einfluß der Smallholder nicht so spitz, d.h. die Zyklen nicht so scharf ausgeprägt.

Diese Ergebnisse sind mit denen des Kapitels E kompatibel.

1.2 Die Lager

a) Der Estate-Sektor (5)

Für die Estate-Lager sind der 12- und der 6-Monats-Zyklus ungefähr von gleicher Bedeutung und beherrschend. Im Verhältnis zur Produktion sind der 4- und der 3-Monats-Zyklus stärker ausgeprägt. Kurzfristige Schwankungen sind von etwas geringerer Bedeutung als dort.

Bei der spektralanalytischen Untersuchung kam man zu dem Ergebnis, daß auch im Lagerbereich der 6-Monats-Zyklus am ausgeprägtesten ist, sonst erhielt man die gleichen Ergebnisse.

b) Die Händler-Lager (6)

Bei den Händler-Lagern ist der 6-Monats-Zyklus am deutlichsten. Der 4-Monats-Zyklus und der 3-Monats-Zyklus sind auch stark ausgeprägt, etwas schwächer der 12-Monats-Zyklus und kurzfristige Schwankungen. Allgemein sind die Zyklen nicht so scharf wie bei den Estate-Lagern.

Diese Ergebnisse stimmen mit denen der Spektralanalyse überein.

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (7)

Am bedeutendsten ist der 6-Monats-Zyklus, es folgt der 12-Monats-Zyklus. Darüber hinaus sind der 4- und der 3-Monats-Zyklus sehr deutlich.

Zwar erhielt man bei der Spektralanalyse für den 3-Monats-Zyklus ungefähr die gleiche Bedeutung wie für den 12-Monats-Zyklus, doch ist dies nur ein gradueller Unterschied und im ganzen ergaben die beiden Untersuchungen die gleichen Ergebnisse.

1.3 Die Nettoexporte Malayas (8)

Der Export wird von kurzfristigen Schwankungen beherrscht. Der 12- und der 6-Monats-Zyklus sind auch deutlich. Der 4- und der 3-Monats-Zyklus werden im Rahmen der Schwankungen von 2 bis gut 4 Monaten Periodenlänge angedeutet.

Ein ähnliches Bild ergab die Spektralanalyse.

1.4 Der Preis für Naturkautschuk und die Produktion

a) Der Estate-Sektor (1 - 2)

Nur für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,21$) und den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,44$) ist ein Zusammenhang auszumachen.

Während die Spektralanalyse nur für einen Zyklus von gut 4 Monaten eine schwache Bindung zwischen Estate-Produktion und dem Preis für Naturkautschuk aufzeigt, wird hier doch eine stärkere Abhängigkeit für die die Produktion prägenden Zyklen ausgewiesen, allerdings nicht beim 4-Monats-Zyklus.

b) Der Smallholder-Sektor (1 - 3)

Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,15$) und den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,18$) erhält man ganz schwache Zusammenhänge. Man kann also nicht von einer Bindung zwischen Smallholder-Produktion und dem Preis für Naturkautschuk reden.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu denen der Spektralanalyse, die für die Smallholder beim Zyklus von gut 4 Monaten eine stärkere Reaktion auf den Preis als für die Estates auswies.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion (1 - 4)

Schwache Bindungen beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,20) und beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,16) sind zu sehen. Man kann also kaum von einem Zusammenhang zwischen Gesamtproduktion und Preis reden, und wenn, dann ist dieser eher durch die Estates als durch die Smallholder hervorgerufen.

Wie nach den zwei vorigen Abschnitten zu erwarten, sind die Ergebnisse mit Hilfe der Maximum Entropy Methode hier anders als die der spektralanalytischen Untersuchung.

1.5 Der Preis für Naturkautschuk und die Lager

a) Der Estate-Sektor (1 - 5, 1 - 5b)

Die Untersuchung von Lagerhöhe und Preis weist für den 6- ($\hat{K}^2$ = 0,25) und den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,22) einen Zusammenhang aus.

Untersucht man den Preis und das Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung so ergibt sich für den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,24), schwach für den 12- ($\hat{K}^2$ = 0,19) und den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,17) ein Zusammenhang. Für den 4-Monats-Zyklus ist also eine deutlichere Reaktion des Lagers als der Produktion auf den Preis auszumachen. Für den 12-Monats-Zyklus ist die Bindung zwischen Preis und Produktion stärker.

Diese Ergebnisse stimmen bezüglich des 4-Monats-Zyklus mit denen der Spektralanalyse überein. Im Unterschied zur Spektralanalyse kann man hier nicht gene-

rell sagen, daß zwischen dem Preis und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung eine engere Beziehung besteht als zwischen dem Preis und der Lagerhöhe. Für die kurzfristigen Schwankungen ergibt sich hier - im Unterschied zu den Ergebnissen des Kaptitels E - kein Zusammenhang.

b) Der Händler-Sektor (1 - 6)

Am stärksten ist der Zusammenhang beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,43$), aber auch für den 6- ($\hat{K}^2 = 0,25$) und den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,28$) ist er zu sehen, schwach bei kurzfristigen Schwankungen ($\hat{K}^2 = 0,18$). Es wird also deutlich, daß die Händler-Lager wesentlich stärker auf den Preis reagieren als die Estate-Lager.

Die Reaktion der Händler-Lager auf den Preis (auch im Verhältnis zu der der Estate-Lager) wird hier noch deutlicher als bei der Spektralanalyse.

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (1 - 7)

Am deutlichsten ist die Reaktion beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,48$). Weiter sieht man einen Zusammenhang beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,25$) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,30$). Man erhält also für das Gesamtlager eine stärkere Reaktion auf den Preis als wenn man nur die Händler-Lager betrachtet. Das zeigt, daß auch die Estates im Lagerbereich auf den Preis reagieren.

Für den 4-Monats-Zyklus erhielt man bei der Spektralanalyse das gleiche Ergebnis. Daneben werden hier auch für andere Zyklen Zusammenhänge ausgewiesen.

1.6 Der Preis von Naturkautschuk und die Exporthöhe (1 - 8)

Am deutlichsten wird der Zusammenhang beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,48$), aber auch für die anderen betrachteten

Zyklen ist er sichtbar: für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,22), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26) und für den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,22).

Diese Ergebnisse sind mit denen der Spektralanalyse kompatibel; hier wird der Zusammenhang zwischen Preis und Export allerdings deutlicher ausgewiesen.

1.7 Produktion und Lager

a) Der Estate-Sektor (2 - 5, 2 - 5b)

Die Untersuchung von Produktion und Lagerhöhe zeigt für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 1,45[1]), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,88), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,77), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,55) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,68), d.h. für alle betrachteten Frequenzen, eine hohe Bestimmtheit des Lagers durch die Produktion.

Die Untersuchung von Produktion und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung zeigt generell schwächere Zusammenhänge für die betrachteten Zyklen, d.h. für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,48), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,34) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,12).

Wie bei der Spektralanalyse kann man sich eine Reaktion der Produktion auf den Preis über das Lager denken.

b) Der Händler-Sektor (4 - 6)

Beim Händler-Sektor ist der Zusammenhang zwischen Lager und Höhe der Gesamtproduktion Malayas beim 12-

---

[1] Dieser Wert ist "falsch", da nur Werte zwischen Null und Eins angenommen werden können; er drückt aber wohl eine hohe Bestimmtheit des Lagers durch die Produktion aus.

Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,64) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,63) am deutlichsten. Darüber hinaus ist die Bindung geringer beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,43) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30). Besonders für den 4-Monats-Zyklus ergibt sich also eine größere Abhängigkeit der Händlerlager vom Preis als von der Produktionsseite. Im Verhältnis zu den Estates sind hier die Schwankungen der Lagerhöhe schwächer durch die Produktion bestimmt.

Bei der Spektralanalyse ergaben sich im wesentlichen die gleichen Ergebnisse.

c) Gesamtproduktions- und Gesamtlagerhöhe (4 - 7)

Am kleinsten ist der Zusammenhang beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30). Das mag an der stärkeren Reaktion der Händler auf diesen Preiszyklus liegen, auf den die Produktion und auch die Lager der Estates nicht im gleichen Maße reagieren. Man erhält weiter für den 12-Monats-Zyklus $\hat{K}^2$ = 0,80, für den 6-Monats-Zyklus $\hat{K}^2$ = 0,74, für den 3-Monats-Zyklus $\hat{K}^2$ = 0,45 und für den 2,4-Monats-Zyklus $\hat{K}^2$ = 0,42. Die Produktionsschwankungen prägen also die Lagerhöhe in starkem Maße.

Ähnliche Ergebnisse erbrachte die Spektralanalyse.

1.8 Die Produktion und der Export

a) Der Estate-Sektor (2 - 8)

Am stärksten ist die Bindung beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 1,07)[1]. Im Zusammenhang mit den anderen Ergebnissen kann man also sagen, daß diese Produktionsschwankungen ganz an den Export "weitergeleitet"

---

1) Vgl. Anmerkungen 1), S. 85.

werden. Am kleinsten ist der Zusammenhang beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,12), stärker beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,53), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,36) und in geringem Maße beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,20).

Diese Ergebnisse sind mit denen der Spektralanalyse kompatibel.

b) Der Smallholder-Sektor (3 - 8)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,81) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,55) geben also auch die Smallholder die Schwankungen weiter an den Export. Ein geringer Zusammenhang ist auch beim 2,4-Monats-Zyklus da ($\hat{K}^2$ = 0,21).

Man erhält hier also die gleichen Ergebnisse wie bei der Spektralanalyse. Daß man auch hier für den 4-Monats-Zyklus keinen Zusammenhang sieht, ist hier im Rahmen der übrigen Ergebnisse einleuchtend.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion und der Export (4 - 8)

Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,80) und den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,54) sieht man, daß der Export die Produktionsschwankungen aufnimmt. Auch beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,18) besteht ein geringer Zusammenhang.

Die gleichen Ergebnisse erbrachte die Spektralanalyse.

2. Indonesien

2.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (9)

Am bedeutendsten ist der 6-Monats-Zyklus, es folgt der 12-Monats-Zyklus. Stärker als im Estate-Sektor

Malayas sind der 4- und der 3-Monats-Zyklus ausgeprägt. Das gleiche gilt für den 2,4-Monats-Zyklus und andere kurzfristige Schwankungen.

Bei der Spektralanalyse kam eine größere Bedeutung der kurzfristigen Schwankungen zum Ausdruck. Der Unterschied zur Estate-Produktion Malayas war dann auch deutlicher.

b) Der Smallholder-Sektor (10)

Die Smallholder-Produktion ist durch den 4-Monats-Zyklus und bedeutende kurzfristige Schwankungen geprägt. Die 12-, 6-, 3- und 2,4-Monats-Zyklen sind schwach und unscharf zu sehen.

Bei der Spektralanalyse kam man ebenfalls zu dem Schluß, daß der 4-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen die Smallholder-Produktion charakterisieren. Die anderen Zyklen waren da jedoch gar nicht auszumachen.

c) Die Gesamtproduktion Indonesien (11)

Der 4-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen kennzeichnen die Produktion. Der 3-Monats-Zyklus und der 2,4-Monats-Zyklus sind auch deutlich, schwächer der 12-Monats-Zyklus und sehr unscharf der 6-Monats-Zyklus.

Die Spektralanalyse brachte im wesentlichen das gleiche Ergebnis, jedoch waren dort der 6-Monats-Zyklus und der 2,4-Monats-Zyklus nicht auszumachen.

2.2 Die Lager der Estates (12)

Im groben ergibt sich das gleiche Bild wie für die Estate-Produktion. Jedoch sind hier die Zyklen nicht so scharf ausgeprägt und der 3-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen sind für das Lager von ge-

ringerer Bedeutung als für die Produktion.

Ähnliche Ergebnisse erhielt man bei der Spektralanalyse. Dort fiel allerdings - durch das anders geschätzte Spektrum für die Estate-Produktion - der Unterschied zwischen Produktion und Lager bei kurzfristigen Schwankungen stärker auf.

2.3 Die Netto-Exporte Indonesien (13)

Für die Netto-Exporte sind der 4-Monats-Zyklus und kurzfristige Schwankungen von größter Bedeutung. Der 3-Monats-Zyklus und der 2,4-Monats-Zyklus sind wesentlich deutlicher als der 12-Monats-Zyklus. Der 6-Monats-Zyklus ist schwach und unscharf angedeutet.

Bei der Spektralanalyse erhielt man die gleichen Ergebnisse.

2.4 Der Preis für Naturkautschuk und die Produktion

a) Der Estate-Sektor (1 - 9)

Beim 4- ($\hat{K}^2 = 0{,}36$), beim 6- ($\hat{K}^2 = 0{,}37$) und beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}41$) sieht man einen Zusammenhang zwischen Estate-Produktion und dem Preis für Naturkautschuk.

Die gleichen Zusammenhänge zeigte die Spektralanalyse, jedoch längst nicht so deutlich, wie diese Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode.

b) Der Smallholder-Sektor (1 - 10)

Der Zusammenhang zwischen Preis und Produktion ist hier deutlicher als im Estate-Sektor. Und zwar werden Bindungen deutlich für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}41$), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}42$), den

4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,57) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,38).

Wie die Spektralanalyse liefert auch diese Untersuchung - allerdings noch deutlicher - das Ergebnis, daß die Smallholder-Produktion stark von den Preisschwankungen beeinflußt wird.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion (1 - 11)

Man erhält für alle betrachteten Zyklen, d.h. den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,46), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,40), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,52), (merkwürdigerweise) den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,24) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,34) Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse zeigte auch, daß beim 4-Monats-Zyklus die Bindung am größten ist, darüber hinaus zeigte sie auch Zusammenhänge beim 6-Monats-Zyklus und beim 12-Monats-Zyklus. Hier werden diese jedoch als stärker aufgezeigt.

2.5 Der Preis für Naturkautschuk und die Estate-Lager (1 - 12, 1 - 12b)

Die Untersuchung von Preis und Lagerhöhe zeigt die größten Zusammenhänge für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,43), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,35) und den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,50). Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,28) sind die Bindungen schwächer.

Die Untersuchung von Preis und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung zeigt für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,58), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,48), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,36) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29) Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse zeigte nur - schwächer als hier - die deutlicher werdenden Bindungen auf.

2.6 Der Preis von Naturkautschuk und die Exporthöhe (1 - 13)

Am deutlichsten ist ein Zusammenhang beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,46) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,51), schwächer beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,39) und noch schwächer beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31).

Bei der Spektralanalyse erhielt man für die gleichen Zyklen, d.h. den 12- und den 4-Monats-Zyklus, die größte Bedeutung. Im ganzen wurden die Zusammenhänge nicht so deutlich ausgewiesen.

2.7 Produktion und Lager (Estates) (9 - 12, 9 - 12b)

Zunächst fällt auf, daß die Lagerentwicklung nicht so eng an die Produktion gebunden ist wie bei den Estates Malayas.

Die Untersuchung von Produktions- und Lagerhöhe zeigt beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,72) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,77) die größten Zusammenhänge. Doch auch für den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,49), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,38) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,46) wird deutlich, daß die Produktionsschwankungen die Lagerschwankungen prägen, bzw. daß die Produktion auf Lagerschwankungen reagiert - was aber wohl in geringerem Maße der Fall ist, wie die Ergebnisse der Untersuchung von Produktion und den Verhältnissen von Verkäufen und Lagerveränderung ausdrücken: Für den 4-Monats-Zyklus (K^2 = 0,56) und den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,50) mag es noch zuerst so sein, daß das Lager auf die Preisschwankungen reagiert und dadurch wieder eine Reaktion der Produktion bewirkt wird. Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,33) ist das unwahrscheinlich.

Die Spektralanalyse zeigte ungefähr die gleichen Zusammenhänge, jedoch nicht so deutlich.

2.8 Die Produktion und der Export

a) Der Estate-Sektor (9 - 13)

Am stärksten ist der Zusammenhang beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,79$), schwächer beim 6- ($\hat{K}^2 = 0,42$) und 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,43$), noch schwächer beim 4- ($\hat{K}^2 = 0,29$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,27$).

Im ganzen schwächer ergab auch die Spektralanalyse dieses Bild.

b) Der Smallholder-Sektor (10 - 13)

Für die betrachteten Frequenzen nimmt $\hat{K}^2$ nur Werte größer oder gleich 0,95 an. Die Smallholder-Produktion wandert also direkt in den Export.

Das Ergebnis brachte auch die Spektralanalyse.

c) Die Höhe der Gesamtproduktion und der Export (11 - 13)

$\hat{K}^2$ nimmt nur die Werte 1 und 0,99 an. Insgesamt ist also - wie auch die Spektralanalyse zeigte - der Weg des Kautschuks zum Export "sehr direkt".

II Die Nachfrage nach Naturkautschuk

1. Die USA (14, 21, 14 - 21, 1 - 14)

Am stärksten ausgeprägt beim Verbrauch an Naturkautschuk in den USA ist ein Zyklus von 2,4 Monaten. Darüber hinaus sind nahezu gleich stark der Zyklus von 6 Monaten, der 4-Monats-Zyklus und der 3-Monats-Zyklus. Schwächer zu sehen ist der 12-Monats-Zyklus.

Für die industrielle Produktion sind zunächst kurzfristige Schwankungen von Bedeutung, es folgen der Zyklus von 2,4 Monaten und der 4-Monats-Zyklus, dann der 6-Monats-Zyklus und der 3-Monats-Zyklus. Geringe Schwankungen mit einer Periode von mehr als 6 Monaten sieht man auch.

Die Untersuchung vom Index der industriellen Produktion und dem Verbrauch an Naturkautschuk zeigt eine enge Beziehung zwischen beiden Zeitreihen auf, besonders beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,73), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,74) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,88); schwächer ist der Zusammenhang beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31).

Die Untersuchung über die Beziehungen zwischen Verbrauch in den USA und dem Preis von Naturkautschuk zeigte beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,34), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,36) einen Zusammenhang auf, schwächer beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,18) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,20).

Wie die Spektralanalyse zeigt also auch diese Untersuchung, daß der Kautschukverbrauch stark von den Schwankungen der industriellen Produktion geprägt ist. Auch die anderen Ergebnisse stimmen in etwa überein.

2. Großbritannien(15, 22, 15 - 22, 1 - 15)

Am stärksten ist beim Verbrauch an Naturkautschuk der 3-Monats-Zyklus ausgeprägt. Auch der 6- und der 4-Monats-Zyklus sind sehr deutlich; merklich schwächer sind der 12-Monats-Zyklus und kurzfristige Schwankungen.

Für die industrielle Produktion sind der 6- und der 4-Monats-Zyklus sehr scharf ausgeprägt am wichtigsten. Kaum Bedeutung haben der 12-Monats-Zyklus, der 3-Monats-

Zyklus und noch weniger kurzfristige Schwankungen.

Untersucht man die Zusammenhänge zwischen industrieller Produktion und dem Verbrauch an Nautrkautschuk, sieht man besonders beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,79), schwächer beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,45), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,53), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,38) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,40) Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse wies eine stärkere Bindung zwischen beiden Zeitreihen für den 6- und den 4-Monats-Zyklus aus.

Ein Zusammenhang zwischen Preis und Verbrauch von Naturkautschuk ist beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,39) und schwächer beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,22) zu sehen.

Die gleichen Ergebnisse erbrachte die Spektralanalyse.

3. Frankreich (17, 19, 17 - 19, 1 - 17)

Beim Verbrauch an Naturkautschuk ist der 4-Monats-Zyklus am stärksten, es folgt der 3-Monats-Zyklus. Diese Zyklen, auch der angedeutete 12-, der angedeutete 6-Monats-Zyklus und die kurzfristigen Schwankungen heben sich bei deutlich positiven Werten des Spektrums für alle Frequenzen besonders hervor.

Die industrielle Produktion ist in folgender Reihenfolge durch scharfe Zyklen gekennzeichnet: der Zyklus von 2,4 Monaten und der 3-Monats-Zyklus, der 6-Monats-Zyklus und der 4-Monats-Zyklus, kurzfristige Schwankungen und der 12-Monats-Zyklus.

Man sieht bei allen betrachteten Zyklen, d.h. dem 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,28), dem 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30), dem 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31), dem 3-Monats-

Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,40) und dem 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,38) einen ungefähr gleich starken Zusammenhang zwischen Verbrauch an Naturkautschuk und Höhe der industriellen Produktion.

Zwischen Preis und Verbrauch von Naturkautschuk ist nur ganz schwach eine Bindung beim 6- ($\hat{K}^2$ = 0,15) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,16) angedeutet.

Die Ergebnisse der Spektralanalyse waren ähnlich.

4. Die Niederlande (18, 23, 18 - 23, 1 - 18)

Der Verbrauch an Naturkautschuk "unterliegt allen möglichen Schwankungen". Die Bedeutung einzelner Zyklen kann nicht ausgemacht werden. Man kann nur sagen, daß i.a. die Schwankungen von kleinerer Periodenlänge bedeutender sind als die längerer Dauer.

Für die industrielle Produktion ist der 3-Monats-Zyklus am deutlichsten; es folgen der 6-Monats-Zyklus und der Zyklus von 2,4 Monaten, dann der 12-Monats-Zyklus und kurzfristige Schwankungen.

Zwischen der Höhe der industriellen Produktion und dem Verbrauch an Naturkautschuk werden nur schwache Bindungen beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21) und stärker beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,37) aufgezeigt.

Von einem Zusammenhang zwischen Preis und Verbrauch von Naturkautschuk kann man nicht sprechen.

Die Spektralanalyse brachte den gleichen Sachverhalt zum Ausdruck.

5. Die Bundesrepublik Deutschland (16, 20, 16 - 20, 1 - 16)

Beim Verbrauch an Naturkautschuk sind der 4-Monats-Zyklus und kurzfristige Schwankungen am ausgeprägtesten, es folgen der 6-Monats-Zyklus, der 3-Monats-Zyklus, der Zyklus von 2,4 Monaten. Ganz schwach sieht man den 12-Monats-Zyklus.

Die industrielle Produktion ist ganz stark durch den 6-Monats-Zyklus geprägt. Im Verhältnis dazu sehr schwach sind der 4-Monats-Zyklus und der 3-Monats-Zyklus, noch schwächer der Zyklus von 2,4 Monaten.

Zwischen industrieller Produktion und dem Verbrauch an Naturkautschuk wird ein hoher Zusammenhang beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,73$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,62$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,62$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,45$) ausgewiesen.

Zwischen Preis und Verbrauch von Naturkautschuk sieht man nur beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,24$) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0,21$) schwache Beziehungen.

Ähnliche Ergebnisse erbrachte die Spektralanalyse; nur wurde dort noch bei kurzfristigen Schwankungen ein Zusammenhang zwischen dem Verbrauch und dem Preis ausgewiesen.

III Direkte Zusammenhänge zwischen dem Angebot und der Nachfrage[1] bei Naturkautschuk - Die Angebotsschwankungen (Zusammenfassung für Malaya und Indonesien)

1. Malaya

1.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (2 - 14)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 1,00$) ist es also so, daß

---

1) Vgl. Anmerkung S. 64, 1).

der Verbrauch ganz die Produktionsschwankungen aufnimmt. Für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,67) ist der Zusammenhang auch sehr groß, schwächer beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,38) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,37).

Die Spektralanalyse zeigte die Bindung beim 12-Monats-Zyklus schwächer, beim 2,4-Monats-Zyklus stärker.

b) Der Smallholder-Sektor (3 - 14)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,50), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,69), schwächer beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,33) und noch schwächer beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,21) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,19) sieht man Zusammenhänge.

Ungefähr gleiche Ergebnisse erbrachte die Spektralanalyse.

c) Die Gesamtproduktion Malayas (4 - 14)

Beim 12- ($\hat{K}^2$ = 0,53) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,69) sind die Zusammenhänge am deutlichsten, schwächer beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,35) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31).

Die Spektralanalyse zeigte die Beziehung beim 2,4-Monats-Zyklus deutlicher, den beim 4-Monats-Zyklus schwächer.

1.2 Die Lager

a) Der Estate-Sektor (5 - 14, 5b - 14)

Die Untersuchung von dem Verbrauch in den USA und der Lagerhöhe in den Estates Malayas zeigte bei allen betrachteten Zyklen, d.h. dem 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,60), dem 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,65), dem 4-Monats-

Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,41), dem 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,53) und dem 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,25) Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse lieferte das gleiche Ergebnis.

Die Untersuchung über den Verbrauch und das Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung zeigt weniger Bindungen als die vorher genannte beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,28), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31), eine etwas größere beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,61) und keine beim 2,4-Monats-Zyklus.

Beim 12-Monats-Zyklus ergab die Spektralanalyse keinen Zusammenhang, sonst waren die Ergebnisse die gleichen.

b) Der Händler-Sektor (6 - 14)

Für alle betrachteten Zyklen wurden Zusammenhänge deutlich, die beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,46) und beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,56) deutlicher als die zwischen Händler-Lager und Preis waren; beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,28) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,23) waren hier die Bindungen so deutlich wie dort, beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30) war die Abhängigkeit der Händlerlager vom Preis stärker zu sehen.

Die Reaktion auf die 4-Monats-Preisschwankungen tritt hier also klarer hervor als bei der Spektralanalyse. Im ganzen ergibt sich das gleiche Bild wie dort.

c) Die Gesamthöhe der Lager in Malaya (7 - 14)

Am deutlichsten ist der Zusammenhang beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,71), dann auch beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,57) und beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29) zu sehen. Beim 4-Monats-Zyklus ist die Bindung zwischen Lagerhöhe und Preis deutlicher als der hier be-

trachtete; für die 2 anderen oben genannten Zyklen ist der hier untersuchte Zusammenhang größer.

Die Spektralanalyse ergab das gleiche Resultat.

1.3 Die Netto-Exporte Malayas

a) Die Exporte und der Verbrauch in den USA (8 - 14)

Für den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,49), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,42), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,29) und den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,33) sieht man Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse zeigte im Unterschied hierzu keinen Zusammenhang beim 6-Monats-Zyklus.

b) Die Exporte und der Verbrauch in den anderen betrachteten Industrieländern (8 - 15, 8 - 16, 8 - 17, 8 - 18)

Beim 12-Monats-Zyklus ist für alle Länder, bis auf die Niederlande, ein Zusammenhang zu sehen ($\hat{K}^2$ = 0,46 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,31 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,24 für Frankreich); das gleiche gilt für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,48 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,38 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,36 für Frankreich). Beim 12-Monats-Zyklus handelt es sich wohl lediglich um eine Weitergabe der produktionsbedingten Exportschwankungen an den Verbrauch; beim 6-Monats-Zyklus kann das gleiche der Fall sein, auch Schwankungen, die von der Angebotsseite ausgehen, können eine Rolle spielen; denn der 6-Monats-Zyklus ist in den Ländern nicht nur für den Kautschukverbrauch, sondern für die gesamte industrielle Produktion von Bedeutung.

Beim 4-Monats-Zyklus ist nur für die Bundesrepublik ($\hat{K}^2$ = 0,21) ein kleiner Zusammenhang zu sehen, beim 3-Monats-Zyklus für die Niederlande ($\hat{K}^2$ = 0,25), beim

2,4-Monats-Zyklus für Großbritannien($\hat{R}^2$ = 0,22) und Frankreich ($\hat{R}^2$ = 0,47).

Die hier erzielten Ergebnisse unterscheiden sich von denen der spektralanalytischen Untersuchung. Wesentlich scheinen dabei die den 6-Monats-Zyklus betreffenden Diskrepanzen; für Großbritannien und die Bundesrepublik werden hier die Zusammenhänge viel deutlicher. Allerdings werden hier auch einige Bindungen, die dort zu sehen waren, nicht ausgewiesen, wie die beim 2,4-Monats-Zyklus für die Bundesrepublik.

1.4 Zusammenfassung: Die Schwankungen beim Angebot von Naturkautschuk in Malaya - die Ergebnisse der Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode im Vergleich zu den Ergebnissen der spektralanalytischen Untersuchung

Hier sollen nur die Ergebnisse dieser Untersuchung im Vergleich zu denen der spektralanalytischen Untersuchung betrachtet werden.

Im Unterschied zur Spektralanalyse wurden bei der Produktion im Estate-Sektor stärkere Zusammenhänge mit dem Preis aufgezeigt, was besonders beim 12-Monats-Zyklus der Fall ist. Dies stützt die schon gemachte These, daß für diese Preisschwankungen die Produktion verantwortlich ist. Erstaunlicherweise kommt man hier zu dem Ergebnis, daß bei den malaiischen Smallholdern der Preis keine die Produktion beeinflussende Größe ist: der 4-Monats-Zyklus der Smallholder-Produktion erscheint hier unwichtiger als bei der ersten Untersuchung und es kann hier kein Zusammenhang mit dem Preis ausgemacht werden.

Bei den Händlerlagern wird hier noch stärker die Reaktion der Händler auf Preisschwankungen gezeigt. Das gleiche gilt für Export- und Preisschwankungen.

Zusammenfassend kann man sagen, die These der stärkeren Reaktion der Smallholder als der Estates im Bereich der Produktion auf den Preis muß nach den hier erzielten Ergebnissen abgelehnt werden. Ansonsten wurden die im Kapitel E aufgestellten Thesen in dieser Untersuchung genauso bestätigt,und zwar oft deutlicher als dort.

2. Indonesien

2.1 Die Produktion

a) Der Estate-Sektor (9 - 14)

Für alle betrachteten Zyklen, d.h. den 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}60$), den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}58$), den 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}65$), den 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}42$) und den 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}22$) sieht man Zusammenhänge.

Ungefähr das gleiche Bild ergab die Spektralanalyse, wenn auch nicht so deutlich.

b) Der Smallholder-Sektor (10 - 14)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}52$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}53$), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}29$) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}38$) sieht man Zusammenhänge. Beim 4-Monats-Zyklus ist die Bindung zwischen Preis und Produktion stärker, beim 12-Monats-Zyklus nur wenig schwächer ausgewiesen.

Soweit ausgewiesen (beim 3-Monats-Zyklus war das nicht der Fall), waren die Ergebnisse der Spektralanalyse nicht so deutlich.

c) Die Gesamtproduktion (11 - 14)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}55$), beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}24$), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}54$), beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2 = 0{,}29$) und beim 2,4-Monats-

Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,42) sieht man Zusammenhänge.

Die Spektralanalyse zeigte nur - und das schwächer - die drei stärker zum Ausbruch kommenden Beziehungen zwischen Smallholder-Produktion und Nachfrage in den USA.

2.2 Die Lager (Estates) (12 - 14, 12b - 14)

Die Untersuchung vom Verbrauch in den USA und der Lagerhöhe ergab folgende Zusammenhänge: Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27) ist die Bindung zwischen Preis und Lager genauso deutlich; beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,49) ergibt sich ungefähr das gleiche; beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26) wie auch beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,20) ist die Reaktion des Lagers auf den Preis deutlicher als auf die Nachfrage; beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,40) ist der Zusammenhang mit der Nachfrage deutlicher.

Zwischen Nachfrage und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung ist nur beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,46) die Bindung zwischen diesen Größen größer als zwischen Nachfrage und Lagerhöhe (und ist so deutlich wie der Zusammenhang zwischen Preis und dem Verhältnis von Verkäufen und Lagerveränderung). Bei allen anderen Zyklen, d.h. dem 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,30), dem 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,27), dem 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,15) und dem 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,25) steht die Lagerhöhe in stärkerer Verbindung mit der Nachfrage als das oben genannte Verhältnis. Beim 6-, beim 3- und beim 2,4-Monats-Zyklus ist der Zusammenhang zwischen Preis und dem Verhältnis deutlicher als zwischen der Nachfrage und dem Verhältnis.

Hier werden die Zusammenhänge deutlicher aufgezeigt als bei der Spektralanalyse. Die dort gemachten Thesen werden durch die hier erzielten Ergebnisse noch stärker gestützt.

2.3 Die Netto-Exporte Indonesien

a) Die Exporte und der Verbrauch in den USA (13 - 14)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,79), beim 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,53) und beim 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,43) sind die Bindungen am deutlichsten, schwächer beim 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,20) und beim 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26).

Die Spektralanalyse zeigt nur - und zwar nicht so deutlich - die drei stärker hervortretenden Zusammenhänge.

b) Die Exporte und der Verbrauch in den anderen betrachteten Industrieländern (13 - 15, 13 - 16, 13 - 17, 13 - 18)

Beim 12-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,54 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,52 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,69 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,49 für die Niederlande) sieht man deutliche Zusammenhänge; das gleiche gilt für den 6-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,31 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,34 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,39 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,23 für die Niederlande). Die deutlichsten Bindungen (Ausnahme: die Niederlande) erbringt der 4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,70 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,66 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,71 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,39 für die Niederlande). Doch auch der 3-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,26 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,20 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,38 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,64 für die Niederlande) und der 2,4-Monats-Zyklus ($\hat{K}^2$ = 0,18 für Großbritannien; $\hat{K}^2$ = 0,36 für die Bundesrepublik; $\hat{K}^2$ = 0,37 für Frankreich; $\hat{K}^2$ = 0,38 für die Niederlande) sollten hier erwähnt werden.

Die Spektralanalyse wies nur die deutlicheren Zusammenhänge aus.

2.4 Zusammenfassung: Die Schwankungen beim Angebot von Naturkautschuk in Indonesien -die Ergebnisse der Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode im Vergleich zu den Ergebnissen der spektralanalytischen Untersuchung

Wie auch bei der Malaya-Untersuchung sollen hier nur die Ergebnisse dieser Untersuchung im Vergleich zur Untersuchung des Kapitels E betrachtet werden.

Zyklen und die verschiedenen Zusammenhänge bei bestimmten Zyklen sind hier deutlicher hervorgetreten und die dazu in Kapitel E gegebenen Erklärungen besser zum Ausdruck gekommen.

3. Vergleich zwischen Malaya und Indonesien - in Relation zu den Ergebnissen des Kapitels E

Während man hier für den Smallholder-Sektor Malayas keine Reaktion auf den Preis nachweisen konnte, tritt die der indonesischen Smallholder um so deutlicher hervor. Auch für die Reaktion der Produktion des Estate-Sektors auf den Preis - und dann natürlich auch für die Gesamtproduktion - ergibt sich zwischen Indonesien und Malaya hier ein deutlicherer Unterschied als bei der Spektralanalyse.

In welchem Land direkt auf Nachfrageschwankungen stärker reagiert wird, läßt sich hier nicht generell sagen.

Der Zusammenhang zwischen Export und Nachfrage in den europäischen Ländern ist wohl für Indonesien etwas stärker als für Malaya.

IV Die Schwankungen des Weltmarktpreises für Naturkautschuk

Für den Preis sind charakteristisch: Der am stärksten ausgeprägte Zyklus von knapp 4 Monaten; dann folgen der 12-Monats-Zyklus, lange Zyklen und der 6-Monats-Zyklus. Darüber hinaus werden kurzfristige Schwankungen deutlich. Die auftretenden Zyklen sind nicht scharf ausgeprägt, doch sehr deutlich.

Noch stärker als die Spektralanalyse zeigt die Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode die Gründe der verschiedenen Zyklen:

Beim 12-Monats-Zyklus ist der Zusammenhang zwischen Preis und Produktion wesentlich stärker - und zwar sowohl in Malaya als auch in Indonesien - als zwischen Preis und Verbrauch. Für die Produktion ist dieser Zyklus von großer Bedeutung. Also werden die Produktionsschwankungen für diese Preisschwankungen verantwortlich sein.

Beim 6-Monats-Zyklus kann nicht eindeutig gezeigt werden, ob Angebot oder Nachfrage die Preisschwankungen bewirkt. Die These, daß die Schwankungen der industriellen Produktion in den USA Schwankungen beim Naturkautschukverbrauch bewirken, und daß dieses Preisschwankungen hervorruft, auf die teilweise die Angebotsseite reagiert (auch im Lagerbereich), teilweise aber auch klimatisch bedingte Produktionsschwankungen die Preisschwankungen verstärken, erscheint plausibel.

Für den 4-Monats-Zyklus ist wohl die Nachfrageseite verantwortlich. Das gleiche gilt für die kurzfristigen Schwankungen.

Zu diesen Schlüssen führte auch die Spektralanalyse, jedoch waren besonders beim 12-Monats-Zyklus und beim 4-Monats-Zyklus die Ergebnisse nicht so deutlich.

G Vergleich der beiden Methoden

I Zu den Voraussetzungen

Beide Methoden betrachten die Zeitreihen als Realisationen von stationären stochastischen Prozessen. Die Spektralanalyse kommt mit der Annahme der schwachen Stationarität aus, bei der Maximum Entropy Methode wird strikte Stationarität vorausgesetzt. Neben weiteren gemeinsamen theoretischen Annahmen, geht man bei der Maximum Entropy Methode dann davon aus, daß ein spezieller stationärer stochastischer Prozeß - nämlich ein autoregressiver Prozeß - vorliegt. Die von vornherein gemachten Annahmen über die Zeitreihen sind also bei der Maximum Entropy Methode sehr viel stärker als bei der Spektralanalyse.

II Vergleich anhand der Ergebnisse

Bei den Untersuchungen der einzelnen Zeitreihen erbrachten beide Methoden im ganzen die gleichen zyklischen Strukturen. Besonders bei der Untersuchung von Indonesien wurden dabei oft die Zyklen mit der Maximum Entropy Methode deutlicher aufgezeigt. Das deutet darauf hin, daß bei kürzeren Zeitreihen (die Zeitreihen von Indonesien umfaßten nur 144 Werte, die anderen 240 Werte) diese Methode vorzuziehen ist.

Ging es um Zusammenhänge zwischen zwei Zeitreihen, ergaben beide Untersuchungen im ganzen das gleiche Ergebnis - und schließlich dann das gleiche Bild für den Naturkautschukmarkt. Eine Diskrepanz ergab sich im wesentlichen nur für die malaiische Smallholder-Produktion: Die Spektralanalyse zeigte einen Zusammenhang mit dem Preis, die zweite Untersuchung nicht. Sonst war es so, daß die Untersuchung mit der Maximum Entropy Methode die Zusammenhänge deutlicher zeigte, und zwar sowohl bei den kürzeren Zeitreihen als auch bei den längeren.

III Fazit

Aufgrund dieser Ergebnisse kommt man zu dem Schluß, daß die Maximum Entropy Methode neben der Spektralanalyse ein geeignetes Mittel zur Untersuchung der zyklischen Strukturen ökonomischer Zeitreihen ist. Noch besteht der Nachteil, daß kein theoretisch gutes und erprobtes Kriterium für die Wahl der Ordnung bei mehrdimensionalen Untersuchungen zur Verfügung steht. Man kann aber wohl schon sagen, daß das Vorgehen bei der Maximum Entropy Methode, bei der man weitgehende Annahmen über die Struktur des zugrundeliegenden Prozesses macht, der zuerst vorgenommenen Spektralanalyse, bei der im wesentlichen nur die Stationarität des Prozesses gefordert wird, vorzuziehen ist.

H Tabellen und graphische Darstellungen

I Zur Erläuterung der folgenden Tabellen und graphischen Darstellungen

Die Nummern an den Tabellen und Graphiken bezeichnen die jeweils zur Untersuchung herangezogene Zeitreihe, und zwar

1 die Zeitreihe des Naturkautschukpreises RSS 1 an der New Yorker Börse

2 die Zeitreihe der Estate-Produktion in Malaya

3 die Zeitreihe der Smallholder-Produktion in Malaya

4 die Zeitreihe der Gesamtnaturkautschukproduktion in Malaya

5 die Zeitreihe der Estate-Lager in Malaya

5b die Zeitreihe des Verhältnisses von Verkäufen und Lagerveränderung der Estates in Malaya

6 die Zeitreihe der Händlerlager in Malaya

7 die Zeitreihe der Gesamtlagerhöhe in Malaya

8 die Zeitreihe der Nettoexporte von Malaya

9 die Zeitreihe der Estate-Produktion in Indonesien

10 die Zeitreihe der Smallholder-Produktion in Indonesien

11 die Zeitreihe der Gesamtnaturkautschukproduktion in Indonesien

12 die Zeitreihe der Estate-Lager in Indonesien

12b die Zeitreihe des Verhältnisses von Verkäufen und Lagerveränderung der Estates in Indonesien

13 die Zeitreihe der Nettoexporte von Indonesien

14 die Zeitreihe des Naturkautschukverbrauchs in den USA

15 die Zeitreihe des Naturkautschukverbrauchs in Großbritannien

16 die Zeitreihe des Naturkautschukverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland

17 die Zeitreihe des Naturkautschukverbrauchs in Frankreich

18 die Zeitreihe des Naturkautschukverbrauchs in den Niederlanden

19 die Zeitreihe des Index der industriellen Produktion in Frankreich

20 die Zeitreihe des Index der industriellen Produktion in der Bundesrepublik Deutschland

21 die Zeitreihe des Index der industriellen Produktion in den USA

22 die Zeitreihe des Index der industriellen Produktion in Großbritannien

23 die Zeitreihe des Index der industriellen Produktion in den Niederlanden.

Im Teil II dieses Abschnitts werden für die betrachteten Zeitreihen die Ergebnisse der Spektralanalyse aufgeführt.

Eine mit einer Ziffer überschriebene Tabelle gibt in der rechts mit j bezeichneten Zeile den geschätzten Anteil der Schwingung von $\frac{2 \cdot 48}{j}$ (bzw. bei Indonesien $\frac{2 \cdot 24}{j}$) Monaten an der Gesamtvarianz des Prozesses an [$j = 0, \ldots, 48$; bzw. für Indonesien $j = 0, \ldots, 24$].

Eine mit zwei Ziffern überschriebene Tabelle gibt (in der Art der gerade genannten Tabellen) den Schätzwert für die Kohärenz bei der jeweiligen Schwingung an.

Im Teil III sind zunächst die graphischen Darstellungen der mit der Maximum Entropy Methode geschätzten Spektren angeführt. Dann folgen - die Ziffern bezeichnen wie im Teil II die betrachteten Zeitreihen - die Kohärenzschätzungen mit der Maximum Entropy Methode für die

Schwingungen von 12, 6, 4, 3, 2 und 2,4 Monaten. Links steht die Schwingungsdauer, rechts der Kohärenzschätzwert.

II Tabellen zu den spektralanalytischen Untersuchungen

1

.74	0-
2.49	1--
4.01	2----
4.03	3----
3.07	4----
2.49	5--
2.42	6--
2.91	7--
3.84	8----
4.20	9-----
3.67	10----
2.55	11--
2.01	12--
2.07	13--
2.16	14--
2.61	15--
3.36	16----
3.44	17----
2.91	18--
2.43	19--
2.03	20--
1.65	21-
1.70	22-
2.43	23--
3.41	24----
3.85	25----
3.51	26----
3.06	27----
2.78	28--
2.37	29--
1.75	30-
1.05	31-
.64	32-
.65	33-
.89	34-
1.10	35-
1.03	36-
.88	37-
.95	38-
1.01	39-
.88	40-
.76	41-
.70	42-
.54	43-
.44	44-
.56	45-
.79	46-
.88	47-
.42	48-

2		3		4	
.02	0-	.04	0-	.04	0-
.03	1-	.11	1-	.11	1-
.05	2-	.16	2-	.16	2-
.05	3-	.19	3-	.19	3-
.07	4-	.18	4-	.18	4-
.19	5-	.22	5-	.22	5-
1.21	6-	.73	6-	.73	6-
3.98	7---	2.02	7--	2.02	7--
5.82	8-----	2.80	8--	2.80	8--
4.00	9---	1.94	9-	1.94	9-
1.32	10-	.78	10-	.78	10-
.37	11-	.41	11-	.41	11-
.29	12-	.40	12-	.40	12-
.46	13-	.66	13-	.66	13-
2.17	14--	2.34	14--	2.34	14--
6.63	15------	7.36	15-------	7.36	15-------
9.37	16---------	10.73	16----------	10.73	16----------
6.24	17------	7.46	17-------	7.46	17-------
1.92	18-	2.72	18--	2.72	18--
.47	19-	1.34	19-	1.34	19-
.44	20-	1.36	20-	1.36	20-
.63	21-	1.16	21-	1.16	21-
.87	22-	1.11	22-	1.11	22-
1.62	23-	1.60	23-	1.60	23-
1.93	24-	2.14	24--	2.14	24--
1.30	25-	2.05	25--	2.05	25--
.74	26-	1.77	26-	1.77	26-
.77	27-	1.76	27-	1.75	27-
.99	28-	1.66	28-	1.66	28-
1.16	29-	1.49	29-	1.49	29-
1.54	30-	1.44	30-	1.44	30-
2.62	31--	1.61	31-	1.61	31-
3.10	32---	1.97	32-	1.97	32-
2.37	33--	2.13	33--	2.13	33--
1.55	34-	1.83	34-	1.83	34-
1.29	35-	1.26	35-	1.26	35-
1.20	36-	.78	36-	.78	36-
1.38	37-	.69	37-	.69	37-
1.60	38-	.90	38-	.90	38-
1.73	39-	1.33	39-	1.33	39-
1.94	40-	2.09	40--	2.09	40--
2.30	41--	2.79	41--	2.79	41--
3.27	42---	3.19	42---	3.19	42---
4.17	43----	3.63	43---	3.63	43---
3.99	44---	3.75	44---	3.75	44---
3.31	45---	3.32	45---	3.32	45---
2.81	46--	3.14	46---	3.14	46---
3.14	47---	3.59	47---	3.59	47---
1.81	48-	1.97	48-	1.97	48-

5		6		7	
.11	0-	.15	0-	.25	0-
.18	1-	.33	1-	.46	1-
.15	2-	.47	2-	.44	2-
.17	3-	.72	3-	.54	3-
.25	4-	.85	4-	.65	4-
.51	5-	.79	5-	.73	5-
2.05	6--	1.07	6-	1.39	6-
5.70	7-----	2.03	7--	3.13	7---
7.72	8-------	2.51	8--	4.06	8----
5.04	9-----	1.73	9-	2.68	9--
1.65	10-	.90	10-	1.08	10-
.52	11-	.77	11-	.71	11-
.41	12-	.96	12-	.90	12-
.62	13-	1.25	13-	1.14	13-
2.49	14--	2.01	14--	2.16	14--
7.23	15-------	4.16	15-----	5.48	15------
10.10	16---------	6.10	16-------	8.36	16---------
6.91	17------	6.10	17-----	6.67	17----------
2.55	18--	2.73	18--	3.16	18---
1.00	19-	1.59	19-	1.54	19-
.78	20-	1.63	20-	1.26	20-
.79	21-	2.29	21--	1.58	21-
1.13	22-	2.70	22--	2.10	22--
1.84	23-	2.61	23--	2.37	23--
2.18	24--	2.79	24--	2.54	24--
1.82	25-	2.84	25--	2.48	25--
1.35	26-	2.32	26--	2.15	26--
.99	27-	1.97	27-	1.92	27-
.87	28-	1.90	28-	1.88	28-
1.16	29-	1.70	29-	1.95	29-
1.59	30-	1.44	30-	2.08	30--
2.09	31--	1.55	31-	2.70	31--
2.72	32--	2.48	32--	3.75	32---
2.98	33--	3.66	33----	3.90	33---
2.39	34--	3.74	34----	2.80	34--
1.52	35-	2.83	35--	1.61	35-
1.37	36-	2.23	36--	1.33	36-
1.80	37-	1.94	37-	1.70	37-
1.75	38-	1.48	38-	1.61	38-
1.10	39-	1.30	39-	1.18	39-
.80	40-	1.63	40-	1.24	40-
1.25	41-	2.14	41--	1.55	41-
1.97	42-	2.41	42--	1.48	42-
2.14	43--	2.09	43--	1.16	43-
1.74	44-	1.93	44-	1.22	44-
1.48	45-	2.36	45--	1.70	45-
1.33	46-	2.50	46--	1.71	46-
1.18	47-	2.26	47--	1.14	47-
.58	48-	1.08	48-	.41	48-

8

.00	0-
.03	1-
.07	2-
.12	3-
.13	4-
.14	5-
.36	6-
.94	7-
1.34	8-
1.01	9-
.55	10-
.60	11-
.61	12-
.72	13-
1.00	14-
1.64	15-
2.11	16--
1.83	17-
1.41	18-
1.26	19-
.99	20-
.76	21-
.81	22-
.96	23-
1.18	24-
1.58	25-
2.10	26--
2.41	27--
2.24	28--
1.76	29-
1.61	30-
2.37	31--
3.54	32---
4.30	33----
4.25	34----
3.28	35---
2.76	36--
3.61	37---
4.35	38----
4.21	39----
4.07	40----
4.36	41----
4.54	42----
3.88	43---
2.98	44--
3.14	45---
4.01	46----
5.20	47-----
2.99	48--

	1-2	1-3	1-4
0	•0198283	•1515541	•0938266
1	•0655172	•2746737	•1950466
2	•0824116	•3139118	•2329092
3	•0667004	•2537260	•1847954
4	•0481424	•1763111	•1204360
5	•0540283	•0655887	•0600058
6	•0448411	•0474817	•0474144
7	•0523009	•0721205	•0605811
8	•0450203	•0618504	•0518163
9	•0300242	•0383195	•0333068
10	•0207325	•0211995	•0212272
11	•0081252	•0005542	•0033787
12	•0058798	•0081026	•0050649
13	•0100077	•0032859	•0061604
14	•0160070	•0117792	•0137297
15	•0477508	•0385898	•0433996
16	•0751083	•0516578	•0635890
17	•0743137	•0362893	•0545719
18	•0500436	•0146892	•0272981
19	•0361645	•1760519	•1153723
20	•1378213	•3248015	•2776744
21	•2013239	•2050978	•2268945
22	•0951256	•0370602	•0676683
23	•0442034	•0109889	•0265133
24	•0257436	•0056622	•0149390
25	•0116984	•0073326	•0075638
26	•0065943	•0070376	•0047076
27	•0091284	•0118992	•0096056
28	•0433721	•0370143	•0360994
29	•0574111	•0046599	•0089256
30	•0974936	•0382759	•0569902
31	•0327678	•0379460	•0351782
32	•0026464	•0053261	•0037990
33	•0039448	•0045181	•0039908
34	•0046844	•0494802	•0249605
35	•0159575	•1257631	•0606064
36	•0131232	•1501849	•0578235
37	•0041502	•0283646	•0102038
38	•0043430	•0410697	•0055985
39	•0336130	•0068699	•0125984
40	•0852563	•0270425	•0629150
41	•0556711	•0374006	•0560797
42	•0599802	•0362633	•0541722
43	•0599977	•0533637	•0625270
44	•0060842	•0322108	•0168261
45	•0262233	•0517032	•0370529
46	•0366082	•0549601	•0455381
47	•0139448	•0121352	•0135985
48	•0016808	•0058868	•0044899

	1-5	1-5b	1-6
0	.0058292	-.1107004	.0213565
1	.0321509	.0652660	.1998759
2	.0864812	.0017489	.2382879
3	.0998459	.0043349	.1164580
4	.0737045	.0195304	.0198593
5	.0722058	.0029831	.0087739
6	.0606855	.0039492	.0394116
7	.0565700	.0026984	.0708241
8	.0373938	.0391730	.0181801
9	.0130834	.0541034	.0038579
10	.0000103	.0030881	.0560434
11	.0187917	.0254242	.0835067
12	.0288189	.0369400	.0347950
13	.0894561	.1063571	.0505358
14	.0918037	.1377362	.0858103
15	.0697468	.0375911	.0991625
16	.1004953	.1045166	.1040365
17	.0973671	.1730566	.0686014
18	.0718106	.0500871	.0359318
19	.0582084	.0178299	.0503477
20	.0130838	.0170460	.0576217
21	.0488036	.0176770	.0266510
22	.0842163	.0066270	.0293859
23	.0859386	.0718640	.1648871
24	.0557433	.0866472	.2760305
25	.0841767	.0752652	.2661926
26	.1414617	.0762432	.3150384
27	.1442565	.1366983	.4121907
28	.0768449	.2336170	.3882006
29	.1119694	.3114817	.2513182
30	.1333632	.3327876	.1682876
31	.0287001	.0779513	.1261570
32	.0250388	.0627202	.0425846
33	.0357846	.1363909	.0456887
34	.0075187	.0453546	.0465720
35	.0088211	.0339950	.0723373
36	.0125901	.0039881	.0731847
37	.0025896	.0078945	.0428331
38	.0007287	.0610711	.0728848
39	.0094824	.1659538	.1286340
40	.1012137	.0587567	.0541037
41	.2030476	.1228806	.0587933
42	.1769103	.3158979	.2405484
43	.0839738	.2083003	.2244368
44	.0007827	.0378732	.0190416
45	.0292292	.1232198	.0161579
46	.0404762	.0851167	.0320442
47	.0233133	.0397580	.0869732
48	.0027081	.0173881	.1376482

	1 – 7	1 – 8
0	•0090587	•0318716
1	•0732829	•0366557
2	•1448760	•0057021
3	•1123319	•0081863
4	•0360636	•0281730
5	•0195863	•0005526
6	•0539985	•0201459
7	•0639071	•0774974
8	•0262254	•1380976
9	•0046606	•1265555
10	•0362067	•0552129
11	•0673920	•0130171
12	•0140505	•0155563
13	•0473061	•1114404
14	•0809574	•1072014
15	•0809386	•0654919
16	•0828101	•0403152
17	•0721668	•0349183
18	•0517151	•0567883
19	•0497276	•1300488
20	•0742057	•2021685
21	•0757165	•1360448
22	•1288400	•1471404
23	•2577607	•1966652
24	•2752664	•1683216
25	•2632405	•1743833
26	•3480176	•2494975
27	•4583972	•3876934
28	•4346364	•4475990
29	•3133951	•2788323
30	•1871697	•1007921
31	•0644415	•0651680
32	•0341517	•0115533
33	•0153795	•0405718
34	•0072365	•0803421
35	•0314676	•0633152
36	•0523507	•0522681
37	•0530171	•1322230
38	•0559794	•2581555
39	•0557254	•2094493
40	•0230798	•1314554
41	•0144851	•1120027
42	•1350110	•0994471
43	•1119467	•0483853
44	•0077081	•0735647
45	•0279462	•0647741
46	•0025939	•0293350
47	•0112978	•0109708
48	•0397098	•0000627

	2-5	2-5b	2-8
0	.6853529	-.1541442	.0582380
1	.5627624	.0845975	.0673599
2	.4475865	.5692427	.1251177
3	.4842473	.2924696	.1926580
4	.6393568	.3109556	.2382592
5	.8043341	.2206026	.2759746
6	.9237418	.1234106	.6639819
7	.9551777	.0991842	.8461107
8	.9465299	.0587280	.8647908
9	.8951837	.0156751	.7793722
10	.6970233	.0445223	.4850615
11	.2472487	.1360544	.2577278
12	.1393895	.0881602	.1329386
13	.3517761	.0419031	.0686988
14	.8486406	.0624346	.1905980
15	.9635686	.2064392	.3690336
16	.9768369	.2868855	.4551590
17	.9459607	.1942379	.4189592
18	.7911442	.0493260	.2225928
19	.4941606	.0116744	.0174074
20	.5039947	.1480878	.0322709
21	.5060139	.1874899	.0847760
22	.6133793	.0302698	.1201783
23	.8017737	.0339577	.0883464
24	.8323459	.1507121	.0144784
25	.6721113	.1442967	.0081957
26	.3865944	.0905805	.0470069
27	.2284453	.0041791	.1368778
28	.2884672	.0553675	.2255117
29	.4560732	.0691607	.3158798
30	.5674786	.1429154	.3788075
31	.5828832	.3220605	.4968790
32	.4604608	.2465402	.3864329
33	.2626399	.0839024	.1271193
34	.2317621	.0988580	.0584954
35	.2705945	.0622152	.0502697
36	.3739660	.1073732	.0583538
37	.6584785	.2217325	.0802578
38	.6528625	.1380375	.0315338
39	.5136712	.0394540	.0275944
40	.4674931	.0065000	.1780571
41	.4306207	.0960368	.0971057
42	.5767516	.2151679	.0914527
43	.6812466	.1817212	.1461558
44	.4307059	.0414338	.0400418
45	.5322053	.0790299	.0440621
46	.7297807	.1487787	.0618816
47	.8258411	.0972438	.2656392
48	.8733942	.1970776	.5290070

3-8

0	.1326345
1	.1030025
2	.2242691
3	.3516540
4	.3899389
5	.3476616
6	.6661445
7	.8537392
8	.8685265
9	.7703601
10	.4631280
11	.2014412
12	.1290944
13	.0910056
14	.2471874
15	.4688723
16	.5706921
17	.5165340
18	.2311830
19	.0703487
20	.1253767
21	.1417831
22	.1105956
23	.0476238
24	.0115653
25	.1286271
26	.1652807
27	.1372531
28	.1285518
29	.0898101
30	.0901306
31	.1451867
32	.0520789
33	.0355312
34	.1593810
35	.1305336
36	.0702684
37	.0898172
38	.0801708
39	.1243485
40	.1944658
41	.1651274
42	.1120477
43	.1124986
44	.0550916
45	.0197557
46	.0333463
47	.1602116
48	.3003976

	4 – 6	4 – 7	4 – 8
0	•0653770	•1214363	•1326345
1	•0907374	•0496549	•1030025
2	•0344630	•0075691	•2242691
3	•0626264	•0555053	•3516540
4	•1229007	•0645835	•3899389
5	•0722876	•1207598	•3476616
6	•3873223	•5824619	•6661445
7	•6380382	•8065776	•8537392
8	•6677454	•8232049	•8685265
9	•5182475	•7029365	•7703601
10	•1751991	•3506649	•4531280
11	•1530872	•2191055	•2014412
12	•1326920	•2291008	•1290944
13	•0704071	•1230753	•0910056
14	•2146195	•3566349	•2471874
15	•4684564	•6311563	•4688723
16	•5714247	•7033287	•5706921
17	•5391256	•6540412	•5165340
18	•2952527	•4005333	•2311830
19	•0271928	•0516637	•0703487
20	•1332696	•1380523	•1253767
21	•3094947	•2674243	•1417831
22	•1748228	•1925391	•1105956
23	•0502601	•1163536	•0476238
24	•0437644	•1212136	•0115653
25	•0801381	•0981492	•1286271
26	•0669923	•0581269	•1652807
27	•0357242	•0155563	•1372531
28	•1176522	•3113255	•1285518
29	•2079917	•1259936	•0898101
30	•1763480	•1139167	•0901306
31	•1450842	•1273519	•1451867
32	•1642739	•1798287	•0520789
33	•2294473	•2995534	•0355312
34	•3443261	•3377487	•1593810
35	•3809997	•3972019	•1305336
36	•3120674	•3483769	•0702684
37	•2011795	•1923785	•0898172
38	•0912108	•3331577	•0801708
39	•0039415	•0619928	•1243485
40	•0136102	•0106944	•1944658
41	•0879162	•1092910	•1651274
42	•1317465	•1739513	•1120477
43	•0724789	•1519124	•1124986
44	•2137370	•2698215	•0550916
45	•4280093	•3373130	•0197557
46	•2507016	•3253308	•0333453
47	•0540673	•0274931	•1602116
48	•2522230	•0161813	•3003976

9		10		11	
.16	0-	.07	0-	.06	0-
.33	1-	.15	1-	.17	1-
.82	2-	.30	2-	.33	2-
2.51	3--	.77	3-	.78	3-
2.91	4---	1.32	4-	1.28	4-
3.09	5---	1.34	5-	1.27	5-
2.35	6--	1.12	6-	1.02	6-
4.58	7----	1.45	7-	1.11	7-
6.81	8------	2.13	8--	1.42	8-
5.30	9-----	2.64	9--	1.76	9-
2.87	10--	3.68	10---	2.83	10--
3.02	11---	6.39	11------	5.56	11-----
4.07	12----	9.03	12--------	8.33	12--------
3.52	13---	8.43	13-------	8.09	13-------
2.70	14--	5.68	14-----	5.70	14-----
3.76	15---	4.51	15----	4.94	15----
4.90	16----	4.98	16----	5.70	16-----
4.13	17----	4.76	17----	5.27	17-----
3.55	18----	4.18	18----	4.38	18----
5.28	19-----	4.52	19----	5.00	19----
8.26	20--------	4.87	20----	5.76	20-----
9.28	21---------	4.69	21----	5.33	21-----
7.32	22-------	6.27	22------	6.42	22------
5.21	23-----	10.35	23----------	10.73	23----------
2.28	24--	6.38	24------	6.75	24------

12		13	
.54	0-	.06	0-
1.38	1-	.16	1-
2.65	2--	.34	2-
5.10	3-----	.79	3-
6.62	4------	1.29	4-
5.56	5-----	1.29	5-
5.33	6-----	1.03	6-
9.04	7---------	1.11	7-
11.88	8----------	1.44	8-
8.89	9--------	1.83	9-
5.30	10-----	2.94	10--
5.53	11-----	5.70	11-----
5.67	12-----	8.46	12--------
3.70	13---	8.14	13-------
2.32	14--	5.70	14-----
2.36	15--	4.94	15----
2.23	16--	5.73	16-----
1.68	17-	5.32	17-----
1.57	18-	4.38	18----
2.16	19--	4.92	19----
2.81	20--	5.65	20-----
2.77	21--	5.19	21-----
2.25	22--	6.29	22------
1.81	23-	10.61	23----------
.82	24-	6.69	24------

	1 – 9	1 – 10	1 – 11
0	•0645126	•1968594	•0430560
1	•0546621	•2439276	•1322467
2	•0392902	•2076840	•1755905
3	•1705421	•2013396	•2280866
4	•2366450	•1851831	•2295320
5	•1652285	•1062407	•1475949
6	•0873891	•0483236	•0813667
7	•0931061	•0968221	•1169399
8	•1544502	•1981930	•1924699
9	•1560733	•2315859	•2158862
10	•0391046	•2351160	•2156831
11	•0470618	•2877008	•2867976
12	•1287248	•3111257	•3088613
13	•1402012	•3248939	•3030181
14	•0768130	•3171929	•2907907
15	•0085763	•1473064	•1479124
16	•0164444	•0087311	•0156670
17	•0037662	•0201617	•0160016
18	•0506542	•1373154	•1044023
19	•0882269	•2368742	•1599688
20	•0194932	•1467350	•0983783
21	•0086390	•0210916	•0398611
22	•0199017	•0037685	•0055890
23	•0118086	•0005840	•0001541
24	•0002548	•0046097	•0010813

	1 – 12	1 – 12b	1 – 13
0	•0377220	•5130791	•0297446
1	•1331663	•2081863	•1223448
2	•0973017	•0301901	•1676589
3	•0866594	•0005394	•2267454
4	•0916791	•0062001	•2310530
5	•0736810	•0095087	•1536942
6	•0920982	•0217223	•0845970
7	•1483778	•1074682	•1098094
8	•2067050	•2380019	•1804998
9	•2292210	•2655298	•2074602
10	•1600612	•1832865	•2103786
11	•1211876	•2263607	•2825120
12	•1608071	•2700193	•3038592
13	•1882733	•1947244	•2942224
14	•2172555	•1230060	•2759666
15	•3251124	•1345109	•1409845
16	•3114024	•1340432	•0139008
17	•0489948	•0659344	•0140594
18	•1085080	•0547368	•0936978
19	•1854625	•0599315	•1527896
20	•1096724	•0713212	•0950597
21	•0351104	•0545320	•0380701
22	•0782048	•0751415	•0061440
23	•3164984	•1568846	•0000697
24	•4316249	•2102491	•0004942

	9 – 12	9 – 12 b	9 – 13
0	•3155573	•9963099	•2739929
1	•2865527	•7089602	•1866378
2	•3421179	•1405271	•2719268
3	•5053587	•0178384	•5709544
4	•5597718	•0001770	•6268319
5	•4628264	•0110348	•4970207
6	•3915767	•0103140	•1819569
7	•5767050	•0510199	•1327477
8	•6652012	•0824854	•2084405
9	•6030894	•1296403	•1692114
10	•2638077	•0806585	•0169804
11	•1507792	•0664523	•1118783
12	•2847383	•3074864	•1337400
13	•3457604	•3892779	•0486039
14	•1880654	•1618779	•0091398
15	•1657823	•1047213	•1268630
16	•1929856	•2631746	•2268569
17	•1428634	•2606355	•1922419
18	•0177876	•0359528	•1272371
19	•0933030	•0904434	•0629357
20	•1871316	•1262162	•1001559
21	•2645785	•0840841	•1857978
22	•2562361	•0160619	•1738717
23	•1043805	•0908563	•1614888
24	•0124501	•1559782	•1520222

	10 – 13	11 – 13
0	•7259384	•9676615
1	•7471853	•9672350
2	•8369217	•9720055
3	•9320009	•9821078
4	•9572945	•9881639
5	•9431535	•9907413
6	•9072495	•9900012
7	•8948851	•9838840
8	•9151276	•9768953
9	•9355230	•9750779
10	•9565034	•9842539
11	•9728399	•9938192
12	•9759991	•9975190
13	•9694764	•9983607
14	•9522625	•9966119
15	•9429089	•9923853
16	•9516737	•9900406
17	•9410081	•9877646
18	•9264400	•9877445
19	•9277858	•9937244
20	•9238715	•9970507
21	•9079098	•9970076
22	•9259578	•9969511
23	•9554872	•9962227
24	•9635240	•9986906

14		21		14-21
.04	0-	.19	0-	.2904095
.14	1-	.52	1-	.4486494
.26	2-	.78	2-	.5909749
.32	3-	.88	3-	.6678316
.33	4-	.83	4-	.4855765
.31	5-	.78	5-	.4412668
.34	6-	.69	6-	.2557101
.68	7-	.56	7-	.0664933
1.07	8-	.53	8-	.0975661
1.04	9-	.68	9-	.1600084
.76	10-	.76	10-	.1279436
.60	11-	.64	11-	.0867609
.69	12-	.53	12-	.0418697
.98	13-	.68	13-	.0301503
1.65	14-	1.85	14-	.3436946
3.20	15---	4.89	15----	.6579364
4.46	16----	6.90	16------	.7392811
3.48	17---	4.83	17----	.6796424
1.68	18-	1.80	18-	.4564708
.94	19-	.68	19-	.2130213
.76	20-	.47	20-	.1746744
.80	21-	.56	21-	.2932332
1.38	22-	1.77	22-	.3741113
2.68	23--	5.10	23-----	.6351144
3.61	24---	7.48	24-------	.7435252
2.83	25--	5.39	25-----	.6919207
1.48	26-	2.14	26--	.4893871
.88	27-	.88	27-	.2272257
.70	28-	.56	28-	.0736679
.88	29-	.48	29-	.0528961
1.27	30-	1.25	30-	.1099450
2.10	31--	3.42	31---	.2892980
3.58	32---	4.83	32----	.2854761
4.80	33----	3.29	33---	.1297081
3.98	34---	1.10	34-	.0097941
1.89	35-	.32	35-	.0722900
.83	36-	.25	36-	.2289810
.93	37-	.39	37-	.3218298
2.76	38--	1.63	38-	.6788343
8.04	39--------	4.74	39----	.8552951
12.10	40----------	6.64	40------	.8703300
9.29	41---------	4.52	41----	.7863226
4.03	42----	1.60	42-	.5837770
1.47	43-	.59	43-	.4318731
.94	44-	.50	44-	.4894552
.94	45-	.59	45-	.4400419
.81	46-	1.60	46-	.2790339
.78	47-	4.68	47----	.3768837
.43	48-	3.31	48---	.4600037

15		22		15-22
.03	0-	.01	0-	.8854879
.08	1-	.04	1-	.4186678
.10	2-	.07	2-	.2767298
.10	3-	.07	3-	.2961056
.09	4-	.06	4-	.2982234
.09	5-	.07	5-	.1834652
.21	6-	.37	6-	.4967943
.59	7-	1.26	7-	.7144263
.87	8-	1.91	8-	.7738990
.66	9-	1.35	9-	.7444411
.33	10-	.47	10-	.5590812
.19	11-	.18	11-	.3210168
.17	12-	.19	12-	.3044984
.23	13-	.37	13-	.4660235
.90	14-	1.93	14-	.8006740
2.75	15--	6.17	15------	.8903750
3.98	16---	8.90	16--------	.9105274
2.81	17--	5.95	17-----	.9009459
1.11	18-	1.84	18-	.8165584
.53	19-	.43	19-	.6059991
.48	20-	.24	20-	.3513692
.56	21-	.34	21-	.3231896
1.49	22-	2.38	22--	.7561938
4.10	23----	8.29	23--------	.9169722
5.83	24-----	12.26	24----------	.9233723
4.18	25----	8.21	25--------	.8347125
1.89	26-	2.35	26--	.5133951
1.07	27-	.37	27-	.2135656
.77	28-	.30	28-	.1224993
.88	29-	.45	29-	.0322846
2.38	30--	1.16	30-	.1062108
6.86	31------	3.02	31---	.2328738
12.22	32----------	4.15	32----	.2325541
11.75	33----------	2.79	33--	.1599398
6.11	34------	1.02	34-	.0688374
2.24	35--	.50	35-	.1690808
1.21	36-	.66	36-	.3453060
.88	37-	.87	37-	.3581429
.80	38-	.99	38-	.1960774
.98	39-	1.51	39-	.1314546
1.39	40-	2.01	40--	.1252853
1.63	41-	1.55	41-	.0671705
1.40	42-	.90	42-	.0725249
1.00	43-	.75	43-	.1583222
1.00	44-	.84	44-	.4142717
1.46	45-	1.14	45-	.6003402
2.38	46--	2.04	46--	.7035274
4.37	47----	4.33	47-----	.8188080
2.88	48--	2.96	48--	.8596085

16		20		16-20
.04	0-	.03	0-	.4522170
.13	1-	.10	1-	.4661120
.18	2-	.13	2-	.3980480
.17	3-	.10	3-	.3197300
.17	4-	.07	4-	.2790138
.19	5-	.08	5-	.2917140
.26	6-	.16	6-	.4160753
.39	7-	.34	7-	.5700930
.48	8-	.47	8-	.5248110
.43	9-	.41	9-	.3126048
.35	10-	.29	10-	.1055399
.34	11-	.20	11-	.0793173
.39	12-	.20	12-	.2170957
.56	13-	.46	13-	.2754279
1.27	14-	2.95	14--	.4979403
2.73	15--	10.35	15----------	.6707462
3.38	16----	15.83	16---------------	.6682934
2.20	17--	11.23	17----------	.5420471
.84	18-	3.59	18----	.2568103
.45	19-	.60	19-	.0126480
.60	20-	.33	20-	.0445232
.80	21-	.67	21-	.0007225
1.86	22-	1.61	22-	.1924879
4.81	23-----	3.34	23----	.4588580
6.90	24------	4.38	24-----	.5243614
5.25	25-----	3.15	25----	.4568511
2.60	26--	1.26	26-	.3397719
1.18	27-	.45	27-	.3287747
.92	28-	.30	28-	.3163625
1.20	29-	.31	29-	.2807219
1.69	30-	.98	30-	.0891430
2.01	31--	3.00	31--	.0054952
2.98	32--	4.86	32-----	.0559083
4.00	33-----	4.33	33-----	.0734445
3.56	34----	2.50	34---	.0769294
2.05	35--	1.42	35-	.0464107
1.27	36-	1.09	36-	.0567407
1.43	37-	.93	37-	.1667874
2.43	38--	1.20	38-	.3315737
4.66	39-----	2.43	39--	.4807000
5.92	40------	3.49	40----	.5152425
4.22	41-----	2.96	41---	.3545637
2.25	42--	1.85	42-	.0175978
1.75	43-	1.27	43-	.4128578
1.70	44-	.91	44-	.3208779
1.82	45-	.72	45-	.2491901
3.10	46----	.83	46-	.0471376
7.20	47--------	1.16	47-	.2768418
5.07	48------	.69	48-	.4194729

17		19		17 – 19
.01	0-	.01	0-	.1778642
.03	1-	.02	1-	.2386140
.07	2-	.03	2-	.2130499
.13	3-	.04	3-	.1996924
.22	4-	.04	4-	.1965609
.33	5-	.08	5-	.1660315
.45	6-	.46	6-	.0715453
.61	7-	1.49	7-	.1787716
.81	8-	2.20	8--	.2262197
1.01	9-	1.56	9-	.0997651
1.19	10-	.57	10-	.0396740
1.36	11-	.23	11-	.3101492
1.56	12-	.22	12-	.4102544
1.77	13-	.35	13-	.2372730
2.15	14--	1.31	14-	.0285494
2.97	15--	4.02	15----	.2997214
3.66	16---	5.92	16-----	.4402627
3.41	17---	4.18	17----	.2512637
2.85	18--	1.51	18-	.0047475
2.70	19--	.53	19-	.1976435
2.81	20--	.40	20-	.3339058
2.97	21--	.47	21-	.2608893
3.56	22---	1.43	22-	.0294432
5.21	23-----	4.09	23----	.3267266
6.42	24------	5.92	24-----	.4890375
5.44	25-----	4.18	25----	.3366561
3.80	26---	1.50	26-	.0517392
3.10	27---	.46	27-	.1774395
2.89	28--	.33	28-	.3341078
2.75	29--	.48	29-	.2210056
2.96	30--	1.83	30-	.0485663
3.98	31---	5.43	31-----	.2950088
4.75	32----	7.91	32-------	.4369670
3.92	33---	5.70	33-----	.3406401
2.60	34--	2.18	34--	.0941874
1.91	35-	.80	35-	.0184465
1.59	36-	.65	36-	.0965972
1.40	37-	.81	37-	.0791347
1.38	38-	2.13	38--	.0673748
1.59	39-	5.58	39-----	.2293754
1.66	40-	7.80	40-------	.3529810
1.29	41-	5.41	41-----	.3576299
.83	42-	1.91	42-	.2339097
.58	43-	.54	43-	.0902085
.43	44-	.31	44-	.1065658
.33	45-	.37	45-	.2465307
.50	46-	1.16	46-	.4888831
1.20	47-	3.18	47---	.6694247
.85	48-	2.26	48--	.7000205

18		23		18-23
.00	0-	.05	0-	.0001499
.01	1-	.12	1-	.0078908
.03	2-	.14	2-	.0008456
.06	3-	.25	3-	.0163823
.09	4-	.40	4-	.0077053
.13	5-	.62	5-	.0021725
.16	6-	1.10	6-	.0236793
.18	7-	1.92	7-	.0390147
.23	8-	2.42	8--	.0215262
.34	9-	2.22	9--	.0047719
.44	10-	1.88	10-	.0000497
.53	11-	1.67	11-	.0013497
.64	12-	1.53	12-	.0028759
.74	13-	1.51	13-	.0059782
.80	14-	2.13	14--	.0039651
.78	15-	4.12	15----	.0007116
.80	16-	5.43	16------	.0044691
1.02	17-	3.81	17---	.0062592
1.30	18-	1.51	18-	.0096198
1.43	19-	.66	19-	.0441867
1.52	20-	.60	20-	.1314869
1.52	21-	.46	21-	.1354431
1.39	22-	.55	22-	.0555609
1.44	23-	.79	23-	.0135179
1.82	24-	.96	24-	.0268829
2.35	25--	.83	25-	.0565166
2.70	26--	.55	26-	.1490520
2.82	27--	.37	27-	.0890084
2.86	28--	.38	28-	.0987020
2.78	29--	.55	29-	.1843555
2.72	30--	1.22	30-	.0139361
2.99	31--	3.10	31---	.0399787
3.53	32---	5.91	32-----	.1350895
4.11	33----	7.64	33-------	.3183828
4.22	34----	6.48	34------	.3596144
3.99	35---	3.93	35---	.1779925
3.96	36---	2.57	36--	.0583058
3.92	37---	2.41	37--	.0297462
3.55	38---	3.08	38---	.0075270
2.93	39--	4.69	39----	.0309497
2.68	40--	5.61	40-----	.0776610
3.17	41---	4.54	41----	.0600119
3.74	42---	2.77	42--	.1001618
3.97	43---	1.57	43-	.0402280
4.16	44----	.93	44-	.0044832
4.37	45----	.65	45-	.0523554
4.43	46----	.83	46-	.0440645
4.41	47----	1.57	47-	.0395127
4.21	48--	1.04	48-	.0742740

	1-14	1-15	1-16
0	•1015757	•0157890	•3644259
1	•5600279	•3428383	•5050188
2	•6891100	•4141683	•5165636
3	•5380549	•2827316	•4334683
4	•2440358	•2099259	•2626181
5	•1001130	•1549475	•1770354
6	•0608225	•0874650	•1238183
7	•1332039	•2005119	•0550428
8	•2084383	•2367595	•0759840
9	•2026448	•2192612	•1131234
10	•0962262	•2684469	•1156549
11	•0664818	•2429315	•0786111
12	•1757547	•1569684	•0173354
13	•3003398	•2203963	•0246055
14	•3011675	•0803541	•0134186
15	•2284258	•0628375	•0193172
16	•1670168	•0525788	•0405131
17	•1347058	•0235680	•0594529
18	•1594762	•0063617	•0792781
19	•1480727	•0305626	•0494005
20	•0269865	•0630346	•0263470
21	•0036415	•0690685	•1009362
22	•0325366	•0834511	•0697670
23	•1640237	•1049993	•0463928
24	•2201259	•0912400	•0636388
25	•1768866	•0482667	•0791592
26	•0508443	•0747459	•0933750
27	•1707370	•1193948	•0783716
28	•5512856	•0294801	•0216727
29	•5947745	•1040990	•0002929
30	•3662801	•1170620	•0080614
31	•1363122	•0335537	•0203289
32	•0927078	•1259923	•0593449
33	•1674335	•1633714	•1476441
34	•1738419	•0254460	•0748874
35	•1342964	•0496559	•0298421
36	•0661336	•0957316	•0577273
37	•0202389	•0375764	•0800091
38	•0615238	•0422843	•1208440
39	•0671236	•0076385	•1120718
40	•0709381	•0356616	•1030129
41	•0363526	•1129937	•1129969
42	•0052754	•0811156	•1158861
43	•0012297	•0582182	•0771438
44	•0096562	•0565087	•0990806
45	•0210317	•1253234	•2820706
46	•0155281	•0348059	•1909750
47	•0152490	•0050154	•0603963
48	•0199319	•0077643	•0314992

	1-17	1-18
0	.0003298	.0666795
1	.1383488	.2261783
2	.1371459	.2160491
3	.0970926	.1677635
4	.0499578	.0716614
5	.0038338	.0184025
6	.0009366	.0025773
7	.0209856	.0400436
8	.0109398	.0196265
9	.0128330	.0274296
10	.0009010	.0009652
11	.0019459	.0006586
12	.0007939	.0029560
13	.0093550	.0032333
14	.0583778	.0308393
15	.0753480	.0717095
16	.0310234	.0097695
17	.0087433	.0096164
18	.0826619	.0958255
19	.1227425	.1008726
20	.1495797	.1530577
21	.2066974	.2516593
22	.1122502	.1391896
23	.0644812	.0125601
24	.0375366	.0015742
25	.0251812	.0003519
26	.0191771	.0058094
27	.0177619	.0203060
28	.0167878	.0192332
29	.0027558	.0097862
30	.0107110	.0057396
31	.0137495	.0309421
32	.0013337	.0097815
33	.0093238	.1401975
34	.0455611	.1342003
35	.0381318	.1006736
36	.0589490	.0975982
37	.0001773	.0052406
38	.0089726	.0043571
39	.0091730	.0063310
40	.0192614	.1190242
41	.0071191	.0634047
42	.0008681	.0099323
43	.0010599	.0067806
44	.0270093	.0033136
45	.0188369	.0089505
46	.0037173	.0470019
47	.0003800	.0066699
48	.0006618	.0536742

	2 – 14	3 – 14	4 – 14
0	•1316162	•2849951	.2440546
1	•0852783	•3402296	.2499884
2	•0231952	•2331428	.1349202
3	•0197776	•0722392	.0305358
4	•0282299	•0217491	.0201719
5	•0392913	•0258376	.0323277
6	•3009705	•2238782	.2735630
7	•5719102	•5028419	.5520097
8	•5056340	•4448936	.4889663
9	•2902679	•2237224	.2697000
10	•0929487	•0833961	.0885066
11	•2168391	•2624349	.2404244
12	•2299187	•2451663	.2452454
13	•0823724	•1248787	.1153336
14	•2673981	•3264668	.3055874
15	•5852763	•6360112	.6139246
16	•6551486	•6936321	.6751477
17	•5520272	•5909383	.5736509
18	•2917433	•3737266	.3488741
19	•0891278	•1772774	.1699293
20	•0132276	•0256461	.0257194
21	•0507818	•0446719	.0579064
22	•0988901	•0707244	.0926337
23	•2707241	•1573831	.2137905
24	•3795310	•2170492	.2940685
25	•3072635	•1932490	.2387533
26	•1043402	•1632196	.1507974
27	•1788692	•2220327	.2273406
28	•1178786	•1543595	.1366175
29	•0829633	•0061455	.0125048
30	•0607296	•0421274	.0172127
31	•1052252	•0896317	.0652600
32	•1573952	•1353271	.1519839
33	•0369986	•0773471	.0527115
34	•0132102	•0318830	.0132439
35	•0878048	•0232850	.0495710
36	•1024843	•1128979	.1139452
37	•0433121	•2050953	.0875272
38	•1406729	•0217433	.0871649
39	•5162164	•2243750	.4242785
40	•6291229	•2210059	.4524867
41	•3126294	•0674963	.1321201
42	•1113535	•0038167	.0411081
43	•1615987	•0353334	.1054781
44	•3692523	•1647356	.3131581
45	•4344522	•2095209	.3562491
46	•1176865	•0666549	.0935629
47	•2103673	•0864076	.1545207
48	•5225364	•3044044	.4396522

	5 – 14	5b – 14	6 – 14
0	.0718494	-.1211115	.0946225
1	.0105279	.2029435	.2160889
2	-.0636868	-.0062280	-.3643763
3	.1431414	.0594333	.2949642
4	-.1267830	-.1671715	-.0708980
5	.0690763	.1620790	.0444729
6	-.2912168	-.1332277	-.3783794
7	.5803820	.0779697	.5270281
8	-.6556739	-.0488816	-.4901614
9	.3713797	.0246607	.3346762
10	-.1395971	-.0057204	-.0679298
11	.0643675	.0604097	.0105377
12	-.0355487	-.0872371	-.0219221
13	.1290811	.0576499	.0339316
14	-.2399428	-.0275684	-.1629364
15	.6010896	.1197165	.4794942
16	-.6851335	-.2269409	-.6070012
17	.5653329	.2217551	.5153225
18	-.1762971	-.1051364	-.2073838
19	.0076953	.0508079	.0824254
20	-.0224562	-.0697626	-.1462360
21	.0508975	.0570409	.1977075
22	-.0235893	-.0136490	-.2081732
23	.1896300	.0592362	.1871407
24	-.3511982	-.3145043	-.1710922
25	.3497467	.2854832	.1358658
26	-.2064090	-.1860060	-.0941001
27	.0927052	.2259980	.0759838
28	-.0356453	-.3173450	.1710159
29	.2544951	.3948478	.1004788
30	-.2080768	-.2367315	.0630384
31	.1596638	.1323928	.0406322
32	-.2946588	-.5616403	.1161678
33	.4416895	.6534035	.2394344
34	-.5030525	-.6052228	.2584171
35	.3460722	.3623824	.1230702
36	-.1207057	-.1816473	-.0834009
37	.0187628	.2142032	.3181863
38	-.0154683	-.0522198	.1792636
39	.1144778	.0037349	.1792587
40	-.2282725	-.0076163	.1355234
41	.1630027	.0298619	.1043631
42	-.1232214	-.0377632	-.0283925
43	.1249583	.0634113	.0298414
44	-.2107319	-.0320035	.2262944
45	.2287859	.0582774	.5402264
46	.0474303	-.1081098	.5493764
47	.1377460	.2191951	.4941331
48	-.4205756	-.3746263	.5297363

	7 – 14	8 – 14
0	.0063298	.0531968
1	.0520131	.0509179
2	.1803387	.0742332
3	.1525832	.0905761
4	.0873730	.1004280
5	.1433409	.1533229
6	.4672452	.2321069
7	.6143629	.4514684
8	.5611212	.6057680
9	.4048490	.5185827
10	.1631801	.2185136
11	.1053011	.1730610
12	.1355659	.4186717
13	.0295714	.3804628
14	.4052788	.0978062
15	.6797251	.0368245
16	.7653383	.0679795
17	.6794087	.0550381
18	.3122330	.0151368
19	.0237718	.0104723
20	.0488514	.0568103
21	.1804449	.0164956
22	.1305641	.0419841
23	.1421467	.0345616
24	.1108190	.0171582
25	.0817512	.0396518
26	.0567355	.1216462
27	.1220622	.2222871
28	.2374442	.2715306
29	.1767361	.0974732
30	.0504066	.1247977
31	.0288201	.3246009
32	.0073819	.2501055
33	.0286178	.0814098
34	.0315260	.0055723
35	.0372212	.0001790
36	.0557308	.0037324
37	.1162215	.0276736
38	.0247859	.0142200
39	.1055037	.1337736
40	.1370133	.3323568
41	.0798515	.2731877
42	.0570672	.1230288
43	.0240855	.0611552
44	.1777174	.0227834
45	.2727714	.0084543
46	.4011787	.0203297
47	.2555976	.2831560
48	.1371765	.4813261

	8-15	8-16
0	1.8049768	.1478747
1	.3811570	.0160726
2	.1555744	.0819515
3	.1915956	.0820110
4	.1516497	.0345399
5	.0650242	.1031605
6	.2502249	.3370725
7	.4660733	.6046018
8	.5519681	.6975076
9	.4694377	.6520991
10	.1118824	.3372792
11	.0055487	.1284157
12	.0491257	.0615927
13	.1415739	.0621575
14	.0143247	.0221832
15	.0881911	.0736320
16	.1704700	.1744662
17	.1721415	.1613202
18	.1124183	.0607451
19	.1092826	.0269947
20	.0641996	.0855357
21	.0511350	.0535273
22	.0161147	.0369785
23	.0146326	.0048290
24	.0176559	.0283059
25	.0124717	.1094765
26	.0045640	.1820682
27	.0079261	.1594110
28	.0370103	.0651135
29	.1329534	.1426182
30	.0685057	.2161146
31	.0752751	.1863824
32	.0936318	.1440611
33	.0523566	.0965386
34	.0351055	.0557446
35	.0337802	.0367292
36	.0655090	.0066108
37	.1218917	.0641043
38	.1538898	.0512894
39	.2101521	.0869589
40	.2298197	.3393762
41	.1356647	.3757387
42	.0603212	.1126937
43	.0526212	.0851862
44	.0458756	.1084271
45	.0539069	.0605574
46	.0341156	.1434855
47	.4005431	.5655631
48	.6335747	.7695044

	8 - 17	8 - 18
0	1.5082252	•0167166
1	.2847008	•0196296
2	.0740007	•0562595
3	.1061880	•0303659
4	.2271367	•0268478
5	.2821753	•0143961
6	.5674039	•1117610
7	.7483260	•3058161
8	.7839608	•5122111
9	.7405848	•5888103
10	.4561483	•3734177
11	.2337170	•0811575
12	.2363519	•0051553
13	.0469827	•0080297
14	.0639284	•0092112
15	.2721100	•0994783
16	.3962757	•1845447
17	.3578582	•1371609
18	.1471991	•0350449
19	.0114167	•0236020
20	.0003625	•0543224
21	.0257675	•0355969
22	.0385372	•1144971
23	.0092754	•0866312
24	.0077240	•1537210
25	.0120244	•1896598
26	.0121540	•1422966
27	.0153383	•0876240
28	.0052329	•0307615
29	.0123113	•0006274
30	.0737085	•0337105
31	.3307185	•0296113
32	.3372241	•0089334
33	.2279154	•0008741
34	.0628522	•0444933
35	.0249633	•0835418
36	.0700368	•0398614
37	.0255275	•0728565
38	.0277585	•0656602
39	.2485642	•2031456
40	.4227533	•4328617
41	.3027889	•3602711
42	.1054552	•1349458
43	.0595125	•0721048
44	.0340479	•0642773
45	.0150701	•0102151
46	.1397112	•0050241
47	.6255415	•3771751
48	.8245425	•6966741

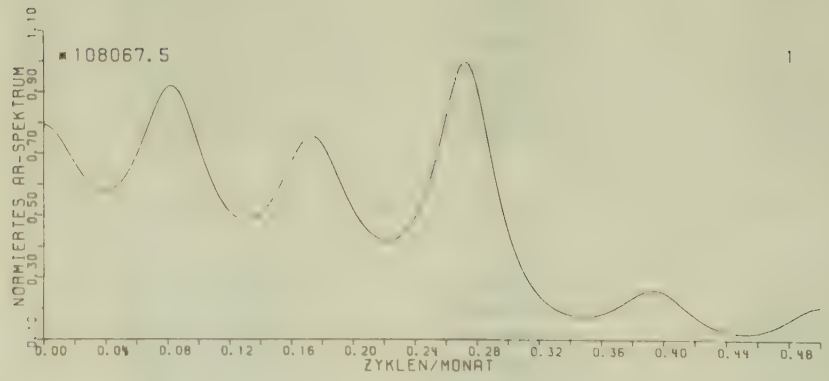
	9 – 14	10 – 14	11 – 14
0	.0076013	.4483388	.2770295
1	.0230065	.4026190	.2962652
2	.1186237	.1213661	.2159508
3	.3930117	.2459569	.3329117
4	.4466372	.3269350	.3607882
5	.2521409	.2294652	.2431295
6	.1018523	.0502464	.0901327
7	.3882154	.0194995	.0673551
8	.3882638	.0371887	.0987553
9	.2729960	.0061811	.0429232
10	.1412634	.0480492	.0749891
11	.3608435	.2440194	.2751805
12	.5064421	.3285970	.3251116
13	.3993700	.2561902	.2471688
14	.1178699	.1402105	.1184820
15	.1919280	.0790367	.0828871
16	.2182811	.1103292	.1055532
17	.1423404	.1147714	.1144807
18	.0103971	.0284119	.0233025
19	.0204439	.1751256	.2086721
20	.0508972	.2754079	.3011626
21	.0758434	.1078693	.1352349
22	.0731767	.0056687	.0027451
23	.1067287	.1116940	.1045240
24	.2653576	.1268278	.1322352

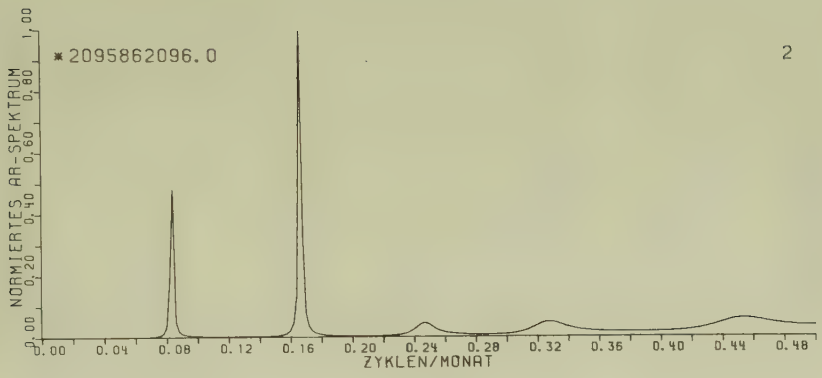
	12 – 14	12b – 14	13 – 14
0	.2173519	.0001827	.2909190
1	.1800558	.0017825	.3046402
2	.0235855	.0025591	.2017497
3	.0620257	.0134764	.2936815
4	.1376465	.0678556	.3128790
5	.0724037	.0392629	.2033143
6	.0487147	.0176178	.0694604
7	.2350582	.0328941	.0419544
8	.2737295	.0607199	.0723817
9	.2328708	.0316201	.0374593
10	.0919166	.0672597	.0649843
11	.0030422	.1248515	.2542409
12	.1096316	.3073720	.3272422
13	.1798339	.3654711	.2430447
14	.1323282	.1959805	.1248982
15	.0371080	.0477216	.0576149
16	.0564510	.0342604	.0839464
17	.1033366	.1097300	.1089153
18	.1553239	.1567792	.0233443
19	.2038258	.1311359	.2199037
20	.2370842	.0774070	.3160065
21	.1950209	.0258405	.1435013
22	.0617918	.0270469	.0028571
23	.0178340	.0469760	.1034967
24	.0270631	.0022912	.1300826

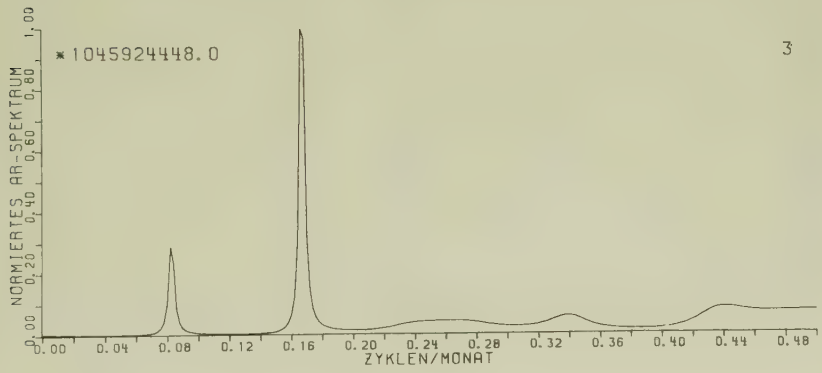
	13 — 15	13 — 16
0	•0413327	•0065306
1	•0533288	•0723200
2	•2129881	•2142453
3	•3937245	•2858017
4	•3280930	•2181977
5	•1470014	•0928910
6	•0047032	•0719630
7	•0772409	•1882263
8	•1032207	•1558915
9	•0427168	•0782321
10	•1257546	•2353158
11	•5103627	•4531564
12	•5558120	•5151685
13	•4291730	•3931973
14	•0732905	•1422093
15	•0536735	•0708951
16	•0848935	•0638546
17	•0359042	•0378016
18	•0003545	•0621294
19	•0441035	•2544064
20	•0830568	•3096336
21	•0192369	•1117962
22	•0124140	•0068337
23	•0485411	•1839932
24	•0950876	•3165284

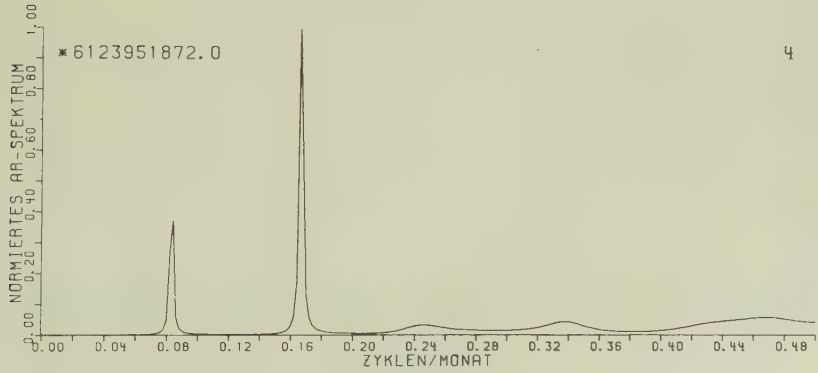
	13 — 17	13 — 18
0	•0019084	•4658544
1	•0075446	•2879540
2	•1440063	•0561022
3	•4275351	•3306709
4	•4241421	•3367155
5	•4408566	•2181121
6	•0257946	•0917886
7	•1239760	•0044094
8	•1156766	•0083012
9	•0247830	•0228586
10	•1564520	•0052770
11	•4947134	•1098627
12	•4929818	•1710711
13	•3072710	•0943010
14	•0081029	•0454480
15	•3736932	•2087080
16	•4894257	•2965271
17	•3051639	•1731012
18	•0431739	•0130821
19	•1660053	•0774202
20	•2247312	•1980227
21	•1189470	•1880573
22	•0665469	•1344112
23	•3612467	•1822955
24	•4640248	•2254766

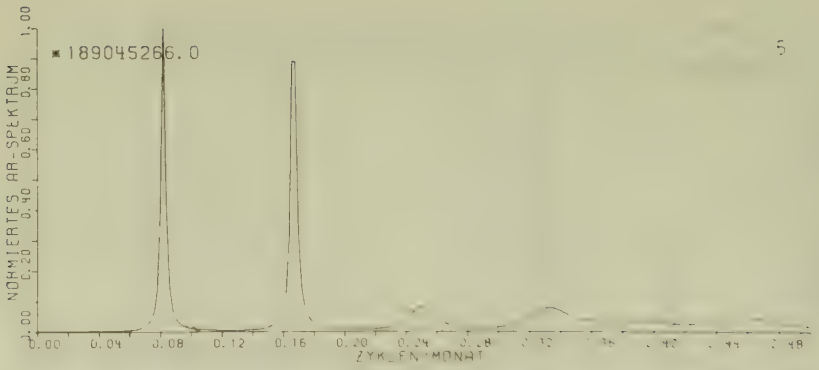
III Graphische Darstellungen und Tabellen zu den Untersuchungen mit der Maximum Entropy Methode

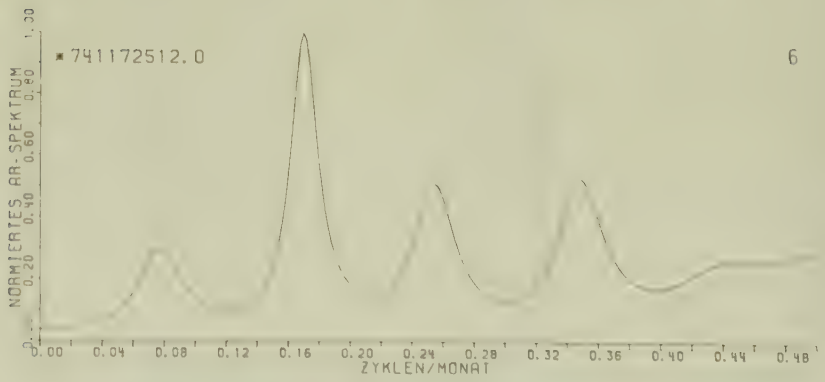


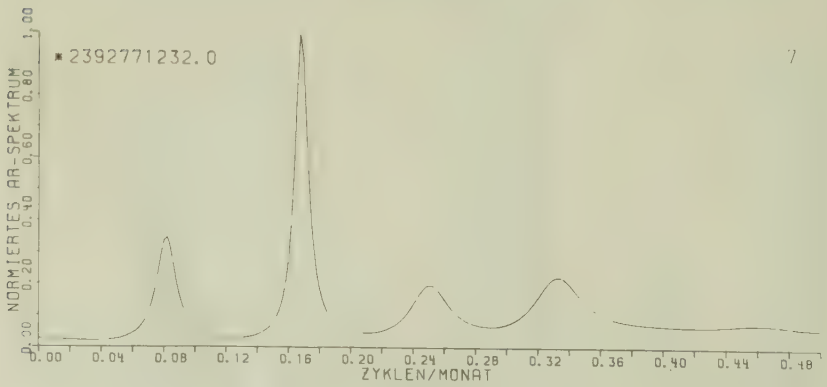

*2095862096.0
2
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00 0.04 0.08 0.12 0.16 0.20 0.24 0.28 0.32 0.36 0.40 0.44 0.48
ZYKLEN/MONAT

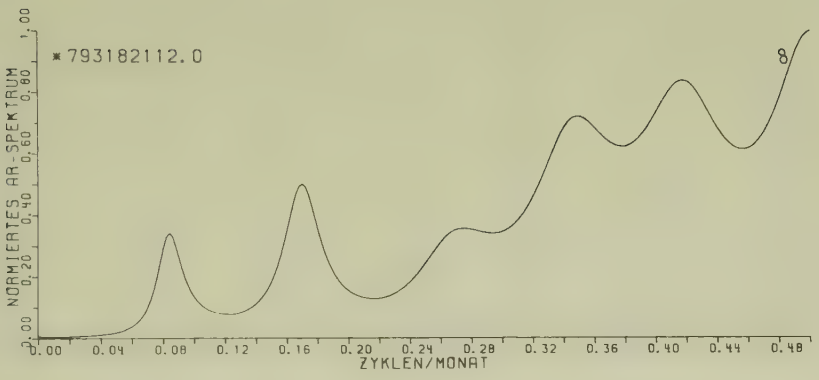

*1045924448.0
3
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00 0.04 0.08 0.12 0.16 0.20 0.24 0.28 0.32 0.36 0.40 0.44 0.48
ZYKLEN/MONAT

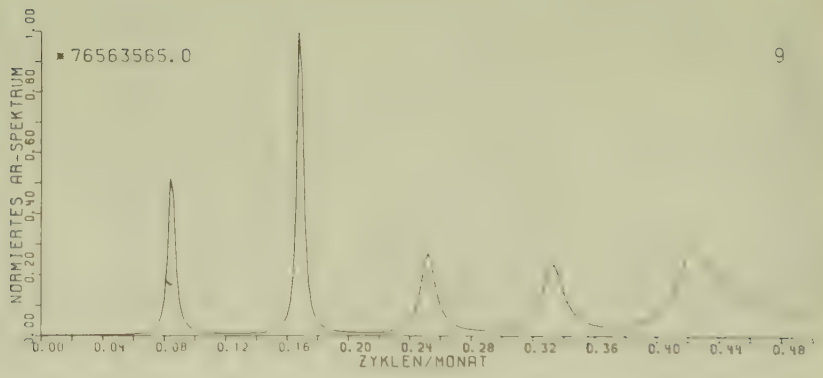

*6123951872.0
4
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00 0.04 0.08 0.12 0.16 0.20 0.24 0.28 0.32 0.36 0.40 0.44 0.48
ZYKLEN/MONAT

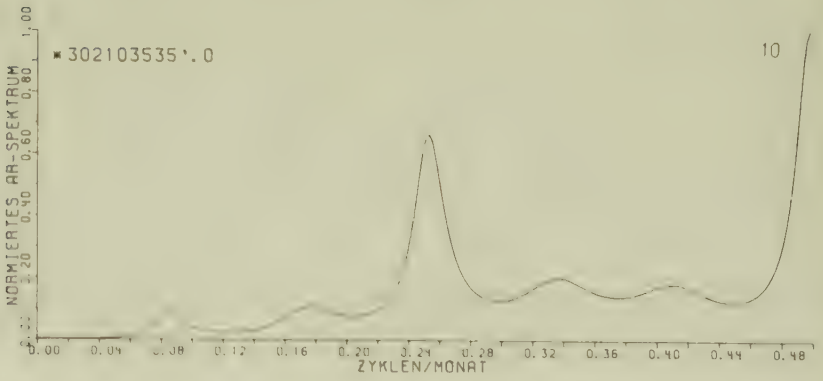

* 189045266.0
5
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
ZYKLEN/MONAT

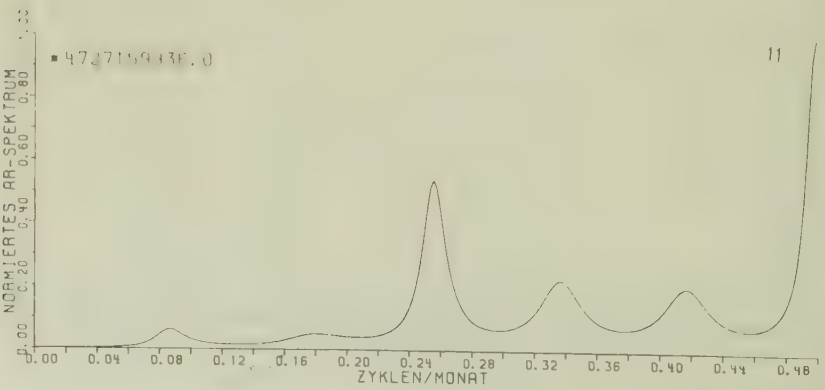

* 741172512.0
6
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
ZYKLEN/MONAT

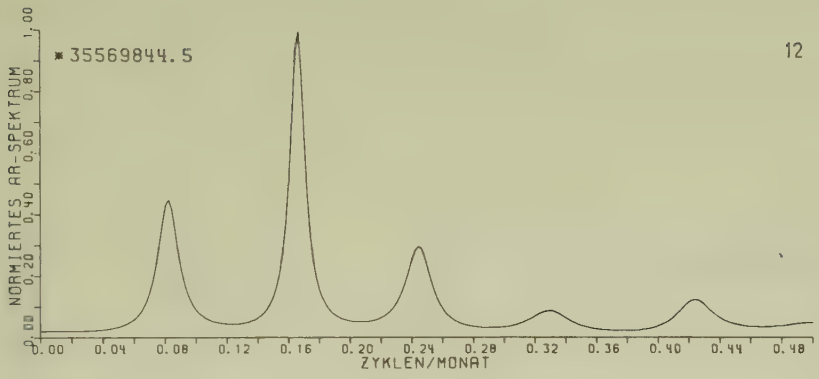

* 2392771232.0
7
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
ZYKLEN/MONAT

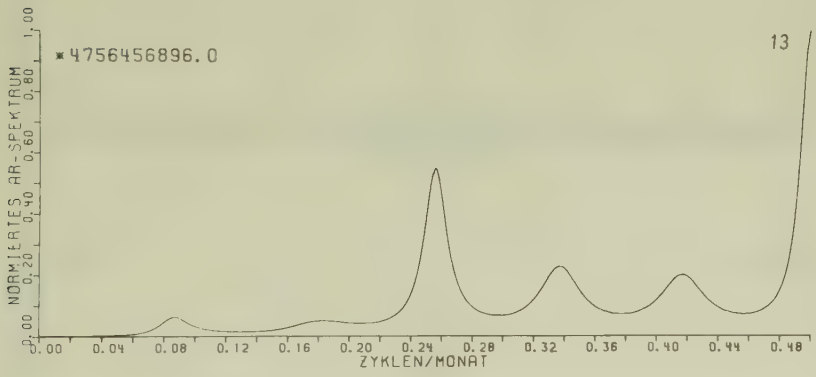

* 793182112.0
8
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

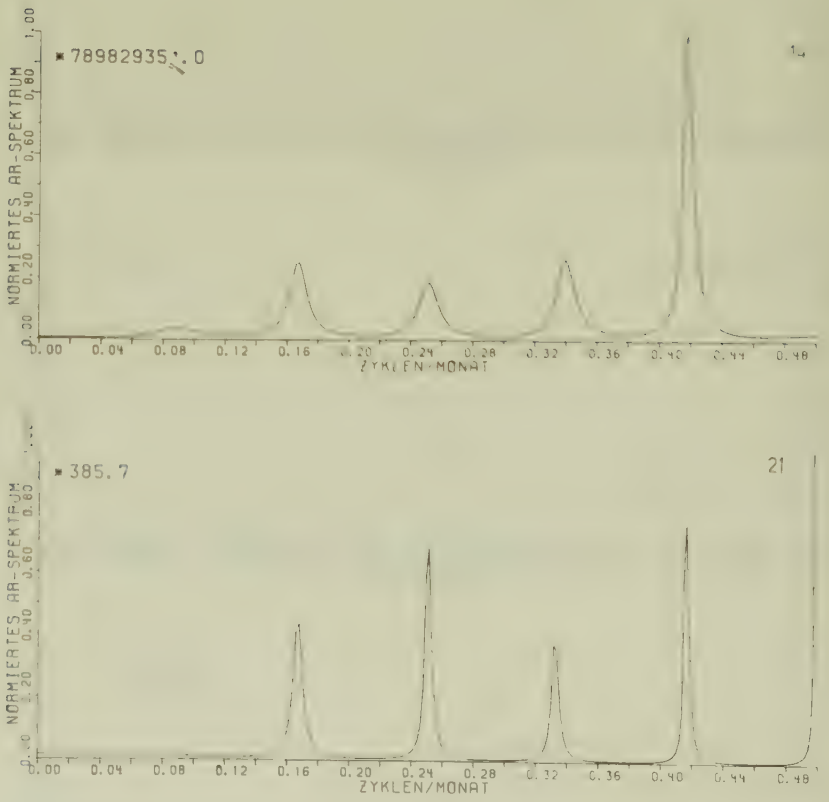

* 76563565.0
9
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

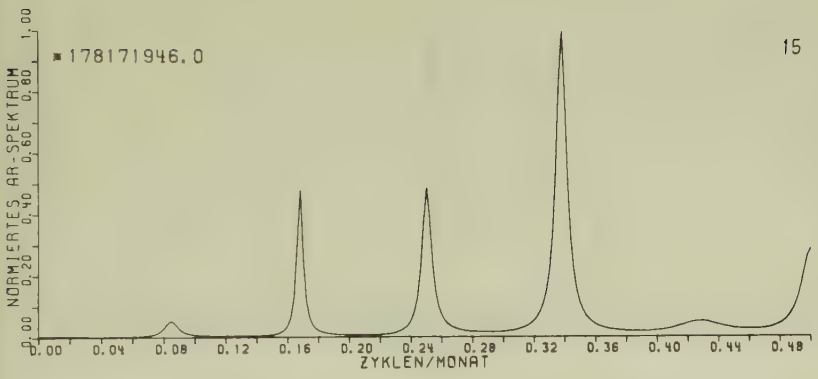

* 302103535*.0
10
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

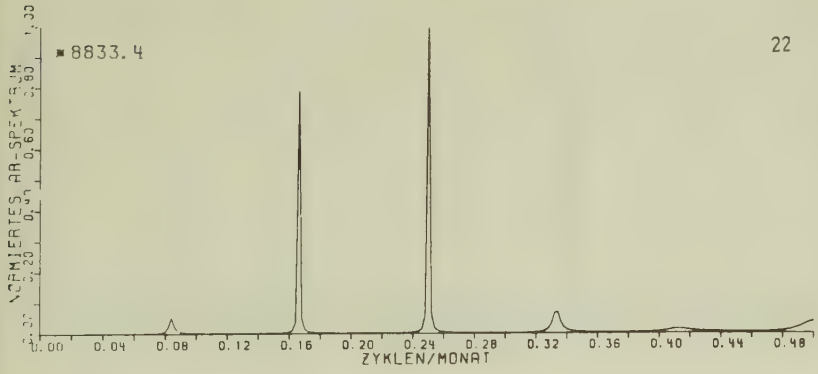

* 47471[illegible].0
11
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

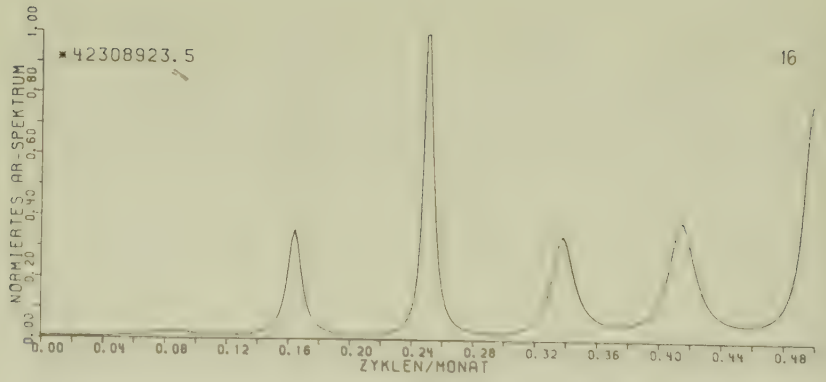

* 35569844.5
12
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

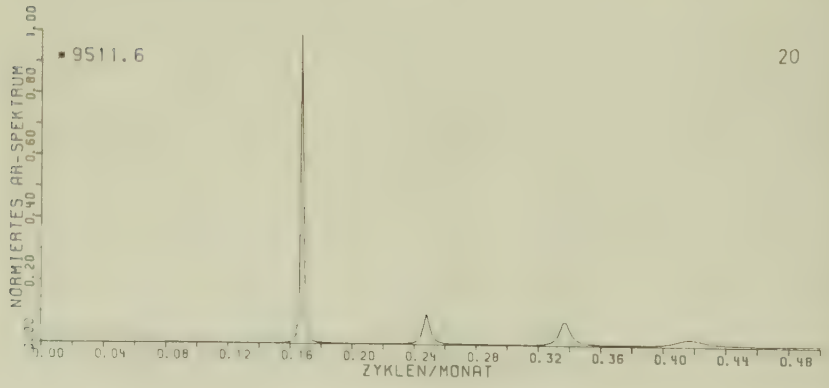

* 4756456896.0
13
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

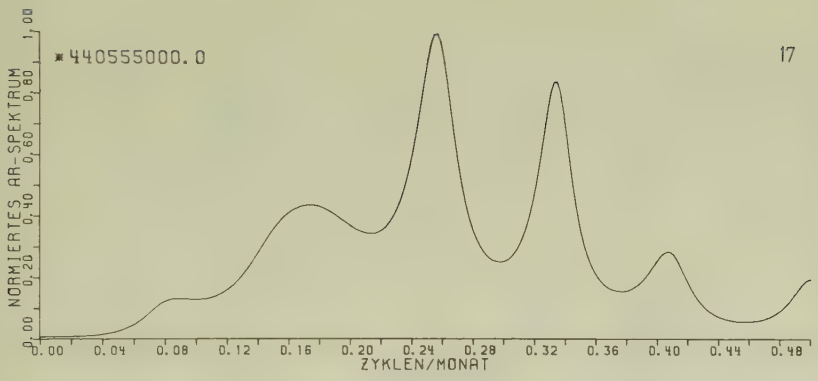

* 78982935.0
NORMIERTES AA-SPEKTRUM
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN-MONAT
* 385.7
21
NORMIERTES AA-SPEKTRUM
ZYKLEN/MONAT

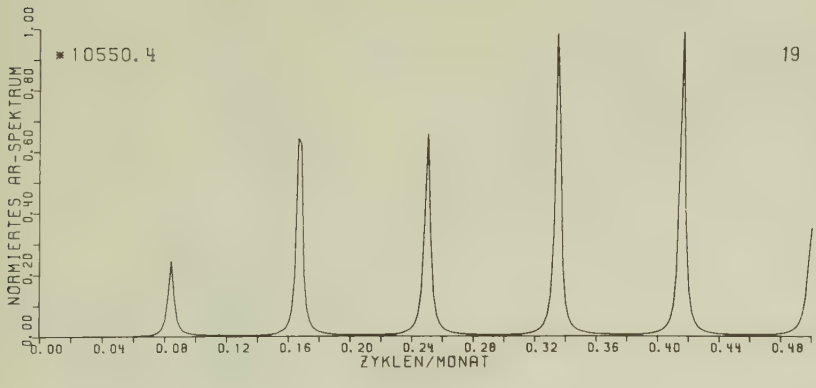

* 178171946.0
15
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT

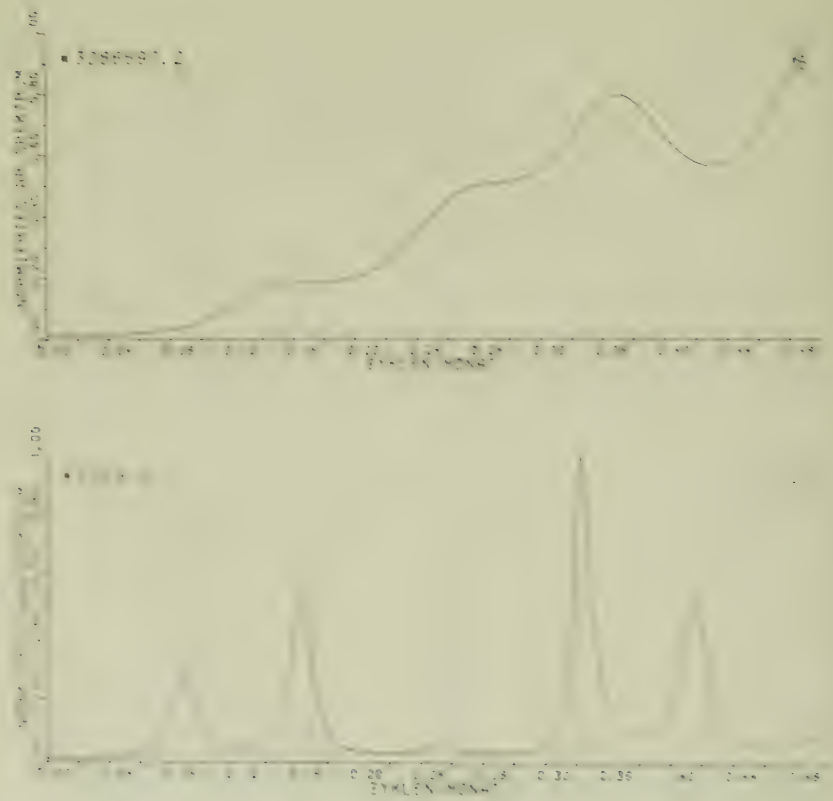

* 8833.4
22
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT


*42308923.5
16
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT


*9511.6
20
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT


* 440555000.0
17
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT


* 10550.4
19
NORMIERTES AR-SPEKTRUM
0.00
0.20
0.40
0.60
0.80
1.00
0.00
0.04
0.08
0.12
0.16
0.20
0.24
0.28
0.32
0.36
0.40
0.44
0.48
ZYKLEN/MONAT



1 - 2

12	0,44
6	0,21
4	0,11
3	0,15
2,4	0,09

1 - 3

12	0,15
6	0,18
4	0,05
3	0,06
2,4	0,16

1 - 4

12	0,16
6	0,20
4	0,08
3	0,11
2,4	0,13

1 - 5

12	0,15
6	0,25
4	0,22
3	0,14
2,4	0,16

1 - 5b

12	0,19
6	0,12
4	0,24
3	0,17
2,4	0,14

1 - 6

12	0,11
6	0,25
4	0,43
3	0,28
2,4	0,18

1 - 7

12	0,12
6	0,25
4	0,48
3	0,30
2,4	0,13

1 - 8

12	0,22
6	0,23
4	0,48
3	0,26
2,4	0,22

2 - 5

12	1,45
6	0,88
4	0,77
3	0,55
2,4	0,68

2 — 5b

12	0,48
6	0,29
4	0,23
3	0,34
2,4	0,12

2 - 8

12	1,07
6	0,53
4	0,12
3	0,36
2,4	0,20

3 — 8

12	0,81
6	0,55
4	0,11
3	0,02
2,4	0,21

4 - 6

12	0,64
6	0,63
4	0,27
3	0,43
2,4	0,30

4 — 7

12	0,80
6	0,74
4	0,30
3	0,45
2,4	0,42

4 — 8

12	0,80
6	0,54
4	0,08
3	0,21
2,4	0,18

1 — 9

12	0,41
6	0,37
4	0,36
3	0,11
2,4	0,17

1 — 10

12	0,41
6	0,42
4	0,57
3	0,13
2,4	0,38

1 — 11

12	0,46
6	0,40
4	0,52
3	0,24
2,4	0,32

1 — 12

12	0,27
6	0,43
4	0,35
3	0,50
2,4	0,28

1 — 12 b

12	0,15
6	0,58
4	0,48
3	0,36
2,4	0,29

1 — 13

12	0,46
6	0,39
4	0,51
3	0,23
2,4	0,31

9 — 12

12	0,72
6	0,77
4	0,49
3	0,38
2,4	0,46

9 — 12b

12	0,30
6	0,30
4	0,56
3	0,50
2,4	0,33

9 — 13

12	0,73
6	0,42
4	0,29
3	0,43
2,4	0,27

10 — 13

12	0,97
6	0,96
4	0,98
3	0,97
2,4	0,95

11 — 13

12	0,99
6	0,99
4	1,00
3	0,99
2,4	1,00

14 – 21

12	0,29
6	0,73
4	0,74
3	0,31
2,4	0,88

15 – 22

12	0,79
6	0,45
4	0,53
3	0,38
2,4	0,40

16 – 20

12	0,73
6	0,62
4	0,63
3	0,15
2,4	0,45

17 –19

12	0,28
6	0,30
4	0,37
3	0,40
2,4	0,38

18 – 23

12	0,07
6	0,07
4	0,21
3	0,37
2,4	0,08

1 — 14

12	0,18
6	0,34
4	0,30
3	0,36
2,4	0,20

1 — 15

12	0,39
6	0,15
4	0,22
3	0,13
2,4	0,07

1 — 16

12	0,24
6	0,16
4	0,21
3	0,13
2,4	0,08

1 — 17

12	0,06
6	0,15
4	0,16
3	0,05
2,4	0,05

1 — 18

12	0,10
6	0,05
4	0,07
3	0,15
2,4	0,12

2 — 14

12	1,00
6	0,67
4	0,38
3	0,16
2,4	0,37

3 — 14

12	0,50
6	0,69
4	0,33
3	0,21
2,4	0,19

4 — 14

12	0,53
6	0,69
4	0,35
3	0,15
2,4	0,31

5 — 14

12	0,60
6	0,65
4	0,41
3	0,53
2,4	0,25

5b —14

12	0,28
6	0,26
4	0,31
3	0,61
2,4	0,06

6 — 14

12	0,46
6	0,56
4	0,30
3	0,32
2,4	0,23

7 — 14

12	0,57
6	0,71
4	0,29
3	0,14
2,4	0,13

8 — 14

12	0,49
6	0,42
4	0,29
3	0,33
2,4	0,17

8 — 15

12	0,46
6	0,48
4	0,05
3	0,13
2,4	0,22

8 — 16

12	0,31
6	0,38
4	0,21
3	0,07
2,4	0,13

8 — 17

12	0,24
6	0,36
4	0,08
3	0,08
2,4	0,47

8 — 18

12	0,04
6	0,08
4	0,14
3	0,25
2,4	0,18

9 — 14

12	0,60
6	0,58
4	0,65
3	0,42
2,4	0,22

10 — 14

12	0,52
6	0,14
4	0,53
3	0,29
2,4	0,38

11 — 14

12	0,55
6	0,24
4	0,54
3	0,29
2,4	0,42

12 — 14

12	0,27
6	0,49
4	0,26
3	0,20
2,4	0,40

12b — 14

12	0,34
6	0,27
4	0,46
3	0,15
2,4	0,25

13 — 14

12	0,51
6	0,20
4	0,53
3	0,26
2,4	0,43

13 — 15

12	0,54
6	0,31
4	0,70
3	0,26
2,4	0,18

13 — 16

12	0,52
6	0,34
4	0,66
3	0,20
2,4	0,36

13 — 17

12	0,69
6	0,39
4	0,71
3	0,38
2,4	0,37

13 — 18

12	0,49
6	0,23
4	0,39
3	0,64
2,4	0,38

Literaturverzeichnis

[1] Akaike, H. — Fitting autoregressive models for prediction, Ann. Inst. Statist. Math., 21, 1969 a, 243 - 247.

[2] Akaike, H. — Statistical predictor identification, Ann. Inst. Statist. Math., 22, 1970, 203 - 217.

[3] Andersen, N. — On the calculation of filter coefficients for maximum entropy spectral analysis, Geophysics, Vol. 39, 1974, 69 - 72.

[4] v.Blanckenburg, P., Cremer, H.D. — Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Stuttgart, 1971.

[5] Box, G.E.P, Jenkins, G.M. — Time Series Analysis: Forecasting and Control, San Francisco, 1970.

[6] Burg, J.P. — Maximum entropy spectral analysis, vorgelegt auf dem siebenunddreißigsten jährlichen internationalen Treffen der Society of Exploration Geophysicists, Oklahoma, 1967.

[7] Burg, J.P. — A new analysis technique for time series data, vorgelegt am Advanced Study Institute on Signal Processing, NATO, Enschede (Niederlande), 1968.

[8] Cramer, H. — On the theory of stationary random processes, Annals of Mathematics, 41, 1940, 215 - 230.

[9] Domrös, M. — The Agrodimate of Ceylon, Wiesbaden, 1974.

[10] Doob, J.L. — Stochastic Processes, New York, 1962.

[11] Fishman, G.S. — Spectral Methods in Econometrics, Harvard, 1969.

[12] Garbers, H., Heiler, S., Nullau, B., Schäffer, K.-A. — Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Zeitreihenanalyse, Sonderhefte zum Allgemeinen Statistischen Archiv, Heft 1, 1970.

[13] Granger, C.W.J., Hatanaka, M. — Spectral Analysis of Economic Time Series, Princeton, 1964.

[14] Grenander, U., Rosenblatt, M. — Statistical Analysis of Stationary Time Series, New York, 1957.

[15] Gröhn, E. — Spektralanalytische Untersuchungen zum zyklischen Wachstum der Industrieproduktion in der BRD 1950 - 1967, Tübingen, 1970.

[16] Hacker, H. — Die Klimaprovinzen von Niederländisch-Indien, Leipzig, 1935.

[17] Harms Erdkunde — Band IV Asien, München, 1971.

[18] Heiler, S. — Analyse der Struktur wirtschaftlicher Prozesse durch Zerlegung von Zeitreihen, Tübingen, 1966.

[19] Jenkins, G.M., Watts, D.G. — Spectral Analysis and its Applications, San Francisco, 1968.

[20] Karreman, H.F. — Computer Programs for Spectral Analysis of Economic Time Series, Economic Research Program, Research Memorandum No. 59, 1963.

[21] Kendall, M.G., Stuart, A. — The Advanced Theory of Statistics, London, 1966, Vol. 3.

[22] König, H., Wolters, J. — Einführung in die Spektralanalyse ökonomischer Zeitreihen, Meisenheim am Glan, 1972.

[23] König, H., Wolters, J. — Über den Zusammenhang zwischen kurz- und langfristigem Zinssatz: eine Spektralanalyse der westdeutschen Zinsstruktur, Zürich, 1969.

[24] Kolbe, H., Timm, H.-J. — Die Bestimmungsfaktoren der Preisentwicklung auf dem Weltmarkt für Naturkautschuk - Eine ökonometrische Modellanalyse, Hamburg, 1972.

[25] Lacoss, R.T. — Data adaptive spectral analysis methods, Geophysics, Vol. 36, 1971, 661 - 675.

[26] Lauenstein, H. Statistische Probleme bei Saisonschwankungen, Meisenheim am Glan, 1969.

[27] Levinson, H. The Wiener RNS (root mean square) error criterion in filter design and prediction, J. Math. Phys., 25, 1947, 261 - 278.

[28] Meyers Kontinente und Meere, Asien (ohne Sowjetunion), Australien, Inseln und Meere, Mannheim, 1973.

[29] Monthly Bulletin of Statistics, Statistical Office of the United Nations, New York, verschiedene Jahrgänge (1954 - 1974).

[30] Nerlove, M. Spectral Analysis, Econometrica, Vol. 32, 1964, 241 - 286.

[31] Niessen, H.-J. Der Beitrag empirisch erhobener Antizipationsvariablen zur konjunkturellen Kurzfristprognose, Berlin, 1974.

[32] Nieuwolt, S. Klimageographie der malaischen Halbinsel, Mainz, 1969.

[33] Nullau, B., Heiler, S, Wäsch, P., Meisner, B., Filip, D. Das "Berliner Verfahren", Ein Beitrag zur Zeitreihenanalyse, DIW-Beiträge zur Strukturforschung, Heft 7, 1969.

[34] Ochse, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J., Wehlburg, C. Tropical and Subtropical Agriculture, New York, 1966.

[35] Ooi Jin-Bee Land, People and Economy in Malaya, London, 1963.

[36] Parzen, E. Mathematical considerations in the estimation of spectra, Technometrics, Vol. 3, 1961, 167 - 189.

[37] Polhamus, L.G. Rubber, London 1962.

[38] Rubber Statistical Bulletin, International Rubber Study Group, London, verschiedene Jahrgänge (1954 bis 1974).

[39] Ruthenberg, H. Farming Systems in the Tropics, Oxford, 1971.

[40] Ulrych, T.J., Bishop, T.N. Maximum entropy spectral analysis and autoregressive decomposition, Reviews of Geophysics and Space Physics, Februar 1975, 183 - 200.

[41] Ulrych, T.J., Jensen, O. Cross-spectral analysis using maximum entropy, Geophysics, Vol. 39, 1974, 353 - 354.

[42] Voss, W. Bestimmungsgründe der Preisentwicklung auf dem Weltkautschukmarkt, Hamburg, 1970.

[43] World Crop Harvest Calendar, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rom, 1959.

L e b e n s l a u f

Am 22.06.1951 wurde ich als Tochter des Kaufmanns Carl Hüsecken und seiner Ehefrau Margarete, geb. Roloff, in Hagen geboren. 1957 wurde ich eingeschult, und von 1961 bis 1969 besuchte ich das mathematisch naturwissenschaftliche Gymnasium Hohenlimburg. Nach einem dreimonatigen kaufmännischen Praktikum begann ich im Wintersemester 1969/70 das Studium der Betriebswirtschaftslehre an der Universität Göttingen, wo ich im Mai 1974 das Examen als Diplomkaufmann ablegte. Meine Diplom-Arbeit schrieb ich bei Prof. Dr. Winckler über geordnete und ungeordnete Schätzfunktionen in der Stichprobentheorie. Nach meinem Examen arbeitete ich unter Anleitung von Prof. Dr. Kricke. Seit November 1974 erhalte ich ein Promotionsstipendium nach dem Graduiertenförderungsgesetz. Seit dem 01.12.1972 bin ich mit Horst Gundel verheiratet.